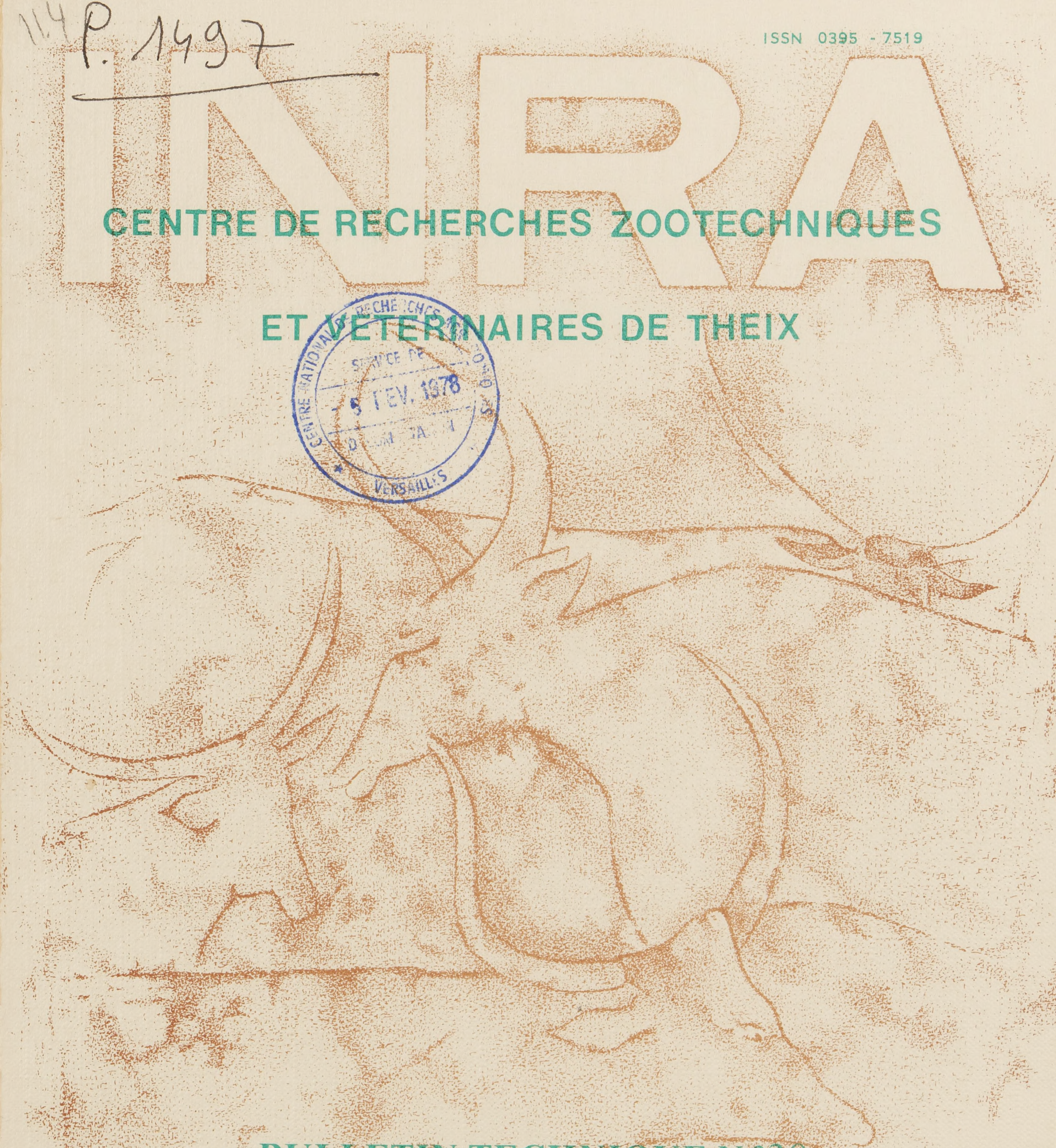
114 P. 1497

ISSN 0395 - 7519

INRA

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES
SERVICE DE DOCUMENTATION
- 9 FEV. 1978
VERSAILLES



BULLETIN TECHNIQUE N°30

(TRIMESTRIEL)

DECEMBRE 1977

BTT-31

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE N°30

C.R.Z.V.
63 - SAINT GENÈS CHAMPANELLE
Tél. (73) 92-24-53

DECEMBRE 1977

Editions S.E.I.
C.N.R.A. VERSAILLES

Chers abonnés et lecteurs,

Notre Bulletin Technique entre dans sa 8ème année et nous vous remercions de la confiance que vous nous avez accordée jusqu'alors.

Lors de son lancement, nous avions fixé le prix de l'abonnement à 40 F par an. Depuis 1975, nous avons réussi à maintenir le tarif de 50 F par an malgré l'augmentation des frais auxquels nous avons dû faire face.

Aujourd'hui, nos charges s'étant encore élevées par suite de l'accroissement simultané du contenu de notre revue, du prix des matières premières et d'une modification de notre régime fiscal★, nous sommes contraints d'appliquer dès l'année 1978, le tarif de 65 F T.T.C. par an.

Nous vous remercions par avance de votre compréhension et de l'effort que vous voudrez bien consentir pour permettre le développement harmonieux de notre bulletin.

Le Comité de Rédaction,

★ *Notre revue n'étant plus exonérée de T.V.A., nous sommes dans l'obligation d'augmenter de 4 p.100 les prix des fournitures des collections antérieures.*

N'OUBLIEZ PAS

VOTRE

AU SOMMAIRE DU N° 31

(en principe)

- Le colostrum : conservation et utilisation par le veau d'élevage.
- Production de veaux de boucherie Frisons ou Holstein.
- Utilisation du soufre par le ruminant.
- L'involution utérine chez la vache laitière.
- Evolution des résultats économiques d'un groupe d'élevage charolais nivernais (suite du n° 27).
- Complémentation de l'herbe verte ou ensilée avec des pulpes sèches pour l'engraissement des boeufs.
- Stade optimum d'abattage du taurillon limousin. Aspects technico-économiques.

REABONNEMENT

POUR 1978

(indications au verso)

Si vous changez d'adresse

pensez à nous en informer rapidement, nous pourrons ainsi continuer à vous servir notre bulletin technique sans interruption et dans les meilleures conditions.

Bulletin Technique du C.R.Z.V. de THEIX - I.N.R.A.

ABONNEMENT POUR L'ANNEE 1978*

65,00 F T.T.C.

. Nom ou raison sociale de l'organisme payeur :

Nombre d'abonnements demandés :
. DESTINATAIRE (S) Nom ou raison sociale Rue et n° Code postal et ville ....

. Fourniture éventuelle des collections des années antérieures (1) (4 numéros par an)

1971) 1972) 1973) 1974)	41,60 F/an TTC
1975) 1976) 1977)	52,00 F/an TTC

. Paiement : chèque bancaire ou postal établi à l'ordre de Monsieur le Régisseur du C.R.Z.V. de Theix (CCP 550443 Clermont-Ferrand) et joint à la présente demande.

. Facturation : Désirez-vous que soit établie une facture ?

OUI - NON

(1) Préciser l'année ou les années.

Nom (ou cachet) et signature du demandeur

* A retourner à : *COMITE de REDACTION - BULLETIN TECHNIQUE*
C.R.Z.V. - I.N.R.A.
THEIX - 63110 BEAUMONT

SOMMAIRE

Page

M. ARNAL, G. FAUCONNEAU - LE METABOLISME PROTEIQUE : UN PROCESSUS DYNAMIQUE 5

M. ARNAL, M. FERRARA, G. FEBVAY, G. FAUCONNEAU - ASPECT DYNAMIQUE DU METABOLISME PROTEIQUE DANS QUELQUES TISSUS DE L'AGNEAU AU COURS DU DEVELOPPEMENT 17

J.P. DULPHY, A. GOMEZ CABRERA - UTILISATION DES PAILLES TRAITEES A LA SOUDE PAR LES BOVINS..... 23

J. BOUGLER, P. CHARLET - LES RACES BOVINES LOCALES DES MILIEUX DIFFICILES - I - EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE, CARACTERISTIQUES QUE LA SELECTION A PU LEUR CONFERER ET QUI JUSTIFIENT LEUR CONSERVATION..... 35

Commission des recherches bovines de l'INRA - LES RACES BOVINES LOCALES DES MILIEUX DIFFICILES - II - SITUATION, INTERET ET CONSERVATION 47

Y. RAYSSIGUIER, P. LARVOR - LES TETANIES ET AUTRES TROUBLES LIES AUX DEFICITS MAGNESIQUES CHEZ LES RUMINANTS 53

C. MALTERRE, L. HUGUET, G. BERTIN, A. VON WYL - UTILISATION D'UN ENSILAGE DE RAY GRASS OU DE DACTYLE POUR LA PRODUCTION DE TAURILLONS FRISONS - INFLUENCE DU NIVEAU DE COMPLEMENTATION EN CONCENTRE 63

Y. GEAY, J.P. JOUANY, C. BERANGER - UTILISATION DU RUMENSIN POUR L'ENGRAISSEMENT DES BOVINS 73

CONGRES, SYMPOSIUM, REUNIONS INTERNATIONALES 79

ARTICLES TECHNIQUES PARUS EN 1976 83

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 5-16.

LE METABOLISME PROTEIQUE : UN PROCESSUS DYNAMIQUE

M. ARNAL, G. FAUCONNEAU

Laboratoire d'étude du Métabolisme Azoté

INTRODUCTION

La production de protéines pour l'alimentation de l'homme constitue un des principaux buts de l'élevage, mais le coût de cette production est particulièrement élevé. Le rendement de transformation des denrées végétales en productions animales (rapport entre la partie de la production consommable par l'homme et la quantité d'aliments ingérés) est souvent très faible. Considéré seulement sous l'aspect protéine, il va dépendre de la qualité des protéines végétales ingérées (teneurs et équilibre des acides aminés indispensables) lorsque la production est obtenue à partir d'animaux monogastriques, et ne dépasse pas 30 % pour des rations équilibrées et à forte concentration nutritive (Tableau I). Il est le plus élevé pour la production d'oeufs et de lait et il diminue des volailles aux bovins lorsque l'on considère la production de viande.

Afin de l'améliorer, pour produire au meilleur coût, il est nécessaire de connaître les paramètres qui le conditionnent ainsi que leur mode d'action. A ce titre, est essentielle l'étude du développement des tissus, organes et organismes vivants qui est l'ensemble des phénomènes biologiques dont ils sont le siège tout au long de leur existence. Ces phénomènes sont d'ordre qualitatif et quantitatif. La somme de ces phénomènes quantitatifs a pour résultat la croissance qui s'exprime par des variations de poids. La somme des phénomènes qualitatifs tels que les changements de forme, de structure, de composition chimique... constitue la différenciation. Les critères de développement bien connus tels que : évolution du poids des organes (allométrie), teneur en protéine, évolution du coefficient d'utilisation pratique de l'azote... permettent de décrire le développement des animaux et d'établir un certain nombre de lois. Cependant ces aspects descriptifs du développement, comme nous allons le voir ultérieurement, ne tiennent compte que d'un aspect apparent des phénomènes et pour mieux comprendre leur déterminisme il faut envisager de mieux connaître les principes fondamentaux de la croissance.

Les lois de la thermodynamique nous enseignent que les êtres vivants sont des "systèmes" en état d'équilibre dynamique c'est-à-dire que les constituants cellulaires et les cellules elles-mêmes sont en perpétuel état de renouvellement. Lorsqu'un constituant parait avoir une concentration stationnaire c'est que son taux de formation est égal à son taux de disparition. Il y a croissance lorsque les processus de synthèse l'emportent sur les processus de dégradation.

Après quelques rappels sur la synthèse et la dégradation des protéines nous examinerons quelques aspects du renouvellement cellulaire et tissulaire en précisant l'influence de l'âge et du régime.

I - SYNTHESE, DEGRADATION ET RENOUVELLEMENT DES PROTEINES

1) Synthèse

A la fois éléments de structure et catalyseurs (enzymes) de toutes les réactions biochimiques, les protéines impriment à la cellule vivante sa forme et ses fonctions; grâce à leurs diversités elles peuvent assurer les rôles les plus différents.

La structure extrêmement complexe de la matière vivante est reproduite à partir de constituants simples du milieu environnant puisque toutes les protéines sont fabriquées à partir de 20 acides aminés seulement, liés les uns aux autres par un type de liaison appelé liaison peptidique. Dans une protéine, le nombre total d'acides aminés peut varier de quelques centaines à plusieurs milliers qui reliés dans un ordre variable permet d'atteindre une diversité presque infinie des protéines. Pourquoi seulement 20 acides aminés parmi tous les acides aminés que l'on peut rencontrer dans la nature? Cette restriction est inconnue, elle doit correspondre à une exigence de l'évolution qui a fait que tout essai d'adoption d'autres acides aminés a dû avorter au cours des âges.

Toutes les propriétés physicochimiques et biologiques des protéines dépendent de leur structure et la reproduction fidèle de ces structures spécifiques implique une continuité dans la transmission héréditaire par l'intermédiaire d'un système de mémoire qui est transmis d'une génération à l'autre. C'est dans l'acide desoxyribonucléique (ADN) des chromosomes qu'est inscrite l'information génétique concernant la structure spécifique de l'ensemble des protéines de chaque organisme.

Trois étapes fondamentales interviennent dans ce transfert d'information chez tous les organismes vivants. La première est appelée "replication" et correspond à la duplication de l'ADN au cours de la division cellulaire (mitose) afin que les deux cellules filles possèdent la même information génétique que la cellule parentale. La 2ème étape est appelée "transcription" et elle correspond au passage de l'information sur un acide nucléique particulier qui est l'acide ribonucléique messager (ARNm). Son rôle est de servir de vecteur de l'information entre le noyau et le cytoplasme, lieu où s'effectue la biosynthèse des protéines. La troisième et dernière étape est appelée "traduction"; l'information qui se trouvait stockée dans un langage de composants des acides nucléiques (bases puriques et pyrimidiques) est traduite en un langage acide aminé selon un code appelé code génétique et l'information est alors exprimée sous forme de protéine. Pour cela l'ARNm a besoin d'un support (une tête de lecture) qui est constituée par de petits organites cellulaires que sont les ribosomes. Le ribosome est donc le lieu de la synthèse des protéines, les acides aminés sont amenés jusqu'à lui attachés à un vecteur qui est constitué par un autre type d'acide ribonucléique : l'acide ribonucléique de transfert (ARNt) (figure 1). Le ribosome se déplace avec la chaîne d'acides aminés en croissance jusqu'à lecture complète de l'ARNm puis il se détache de ce dernier en même temps que la chaîne d'acides aminés formée, chaîne qui va prendre ensuite une structure tridimensionnelle fonction de sa composition en acides aminés. Cette synthèse des protéines est un processus rapide puisque l'on a pu estimer que la synthèse de l'hémoglobine (574 acides aminés) se fait en 2 minutes.

Des précisions complémentaires peuvent être trouvées dans les ouvrages : biosynthèse des acides nucléiques (GROS et MANAGO, 1974), biosynthèse des protéines (CHAPEVILLE et HAENNI, 1974).

Il y a encore relativement peu d'informations sur les mécanismes de régulation de la biosynthèse des protéines en particulier pour les mammifères chez lesquels la régulation paraît être particulièrement importante à l'étape "traduction".

TABLEAU 1 : RENDEMENT DE TRANSFORMATION DES PROTEINES VEGETALES EN PROTEINES ANIMALES CONSOMMABLES PAR L'HOMME (1)

Production	Rendement (%)
Oeuf	20 à 27 % (2)
Lait	23 à 30 % (3)
Viande (- volaille	18 à 25
(- porc	13 à 15
(- bovin	5 à 12 (4)

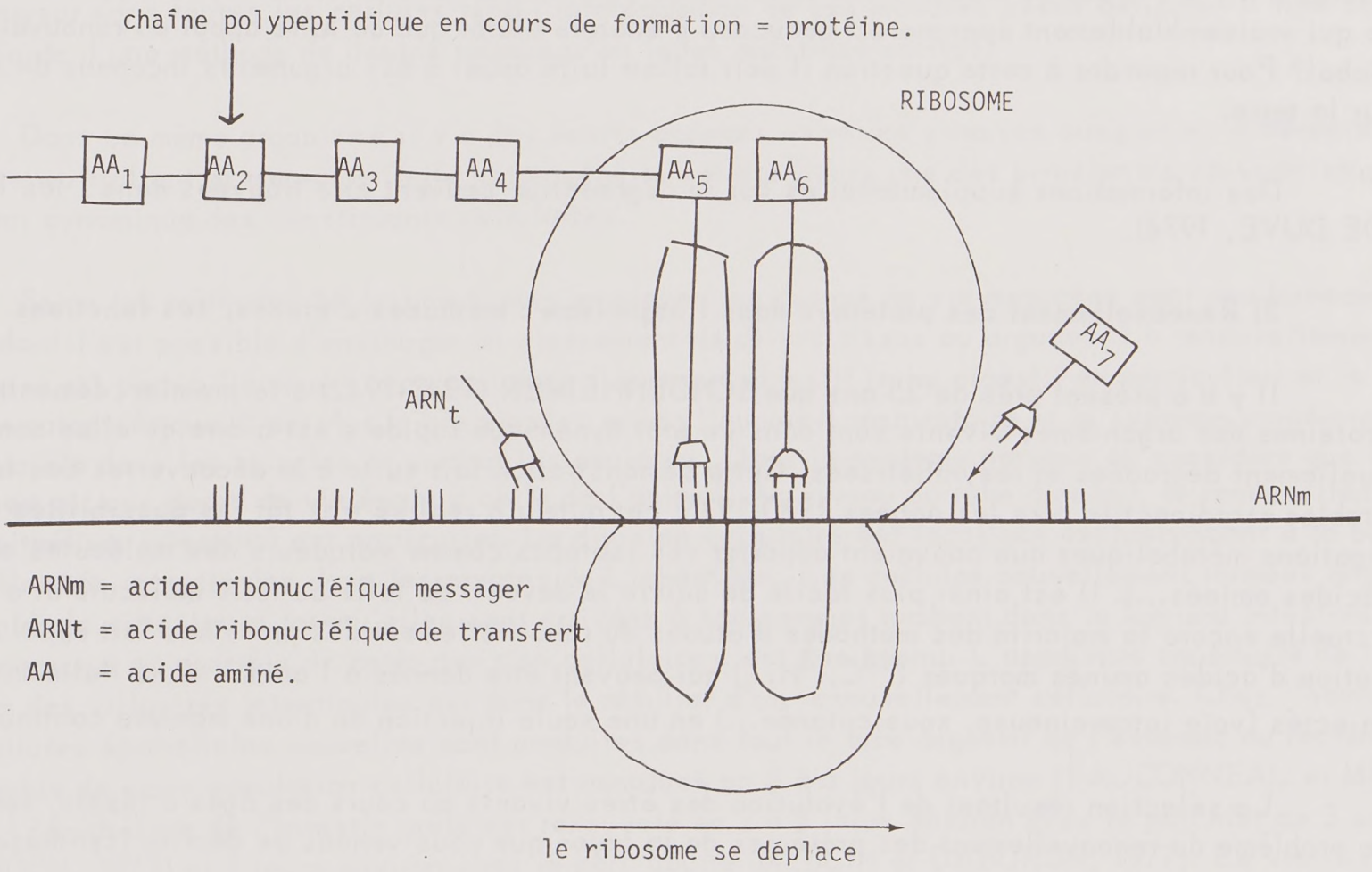
(1) Etabli à partir des données de : FAUCONNEAU (1967), STILLING (1973), SPEEDING (1973). Dans la quantité de protéine ingérée par les animaux, il est tenu compte des besoins d'entretien, des femelles gestantes (vaches laitières), des femelles allaitantes (truies pour la production de porcelets) et partiellement des besoins des jeunes animaux d'élevage (génisses).

(2) plus de 200 oeufs par an.

(3) plus de 3500 litres de lait par an.

(4) bovins abattus à des âges variant de 10 mois à 3 ans et dans certains cas il est considéré que les veaux proviennent de vaches laitières dont l'entretien est amorti par la production de lait.

FIGURE 1 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE GLOBALE DE LA SYNTHESE D'UNE PROTEINE.



2) Dégradation

Les mécanismes biochimiques de la dégradation des protéines sont moins bien connus que ceux de la synthèse. Chaque cellule vivante, à l'exception toutefois des bactéries, possède un type d'organite cellulaire particulier appelé lysosome qui joue le rôle d'un estomac dans lequel se digèrent des repas de toute sorte. Dans les centaines de lysosomes que peut comporter une cellule on peut trouver en cours de dégradation des virus, des bactéries, des fragments de cellules voisines et des fragments de la cellule elle-même : organites cellulaires tels que ribosomes, mitochondries.. Les lysosomes sont donc de petits sacs digestifs bourrés d'enzymes capables d'hydrolyser les substrats biochimiques les plus divers : protéines, lipides.. Ils sont entourés d'une membrane qui limite la taille du foyer de dégradation et empêche les enzymes d'attaquer le reste de la cellule; cette membrane résiste à la digestion lysosomale. On ignore l'explication de ce phénomène qui est d'une grande importance : en effet si pour une raison ou une autre (cristaux de silice dans la silicose...) elle est percée c'est toute la cellule qui va être soumise à la digestion et il y a de fortes chances pour qu'elle en meure. La membrane a un autre rôle, c'est elle qui s'invagine de façon à entourer la future proie à digérer.

Les enzymes lysosomales qui dégradent les protéines sont des cathepsines. Il y en a plusieurs types : la cathepsine D qui hydrolyse les grosses molécules protéiques, les cathepsines A, B, C qui s'attaquent à des fractions protéiques de poids moléculaire moins important. Les produits terminaux de cette dégradation sont les acides aminés et les dipeptides (2 acides aminés liés) qui peuvent quitter le lysosome pour le milieu cellulaire (cytoplasme) car la membrane lysosomale est perméable à ces petites molécules.

La dégradation des protéines est essentiellement intracellulaire. La dégradation qui a lieu dans le milieu extracellulaire est relativement peu importante chez les animaux. Une autre caractéristique de ce catabolisme protéique qui contraste avec ce que nous venons de définir pour la synthèse est sa non spécificité (avec quelques exceptions, collagénase...) associée au fait que ce processus a lieu au hasard. Pourquoi n'y-a-t-il pas de mécanismes spécifiques pour enlever des protéines spécifiques dans la cellule ce qui vraisemblablement épargnerait beaucoup d'énergie plutôt que de faire appel au renouvellement global? Pour répondre à cette question il doit falloir faire appel à des arguments inconnus de l'évolution sur la terre.

Des informations supplémentaires sur la dégradation peuvent être trouvées dans : les lysosomes (DE DUVE, 1974).

3) Renouvellement des protéines dans l'organisme : méthodes d'études, ses fonctions

Il y a à présent près de 25 ans que SCHOENHEIMER (1940-1942) a le premier démontré que les protéines des organismes vivants sont dans un état dynamique rapide c'est-à-dire qu'elles sont continuellement dégradées et resynthétisées. Cette démonstration fait suite à la découvertes des isotopes stables et radioactifs vers les années 1930-1935; cet auteur a réalisé très tôt les possibilités d'investigations métaboliques que pouvaient apporter ces isotopes comme marqueurs des molécules organiques (acides aminés...). Il est ainsi plus facile de suivre le devenir de telle ou telle molécule et à l'heure actuelle encore la majorité des méthodes d'études du renouvellement des protéines fait appel à l'utilisation d'acides aminés marqués (^{14}C, ^{3}H...) qui peuvent être donnés à l'animal dans l'alimentation ou injectés (voie intraveineuse, sous-cutanée...) en une seule injection ou d'une manière continue (infusion).

La sélection résultant de l'évolution des êtres vivants au cours des âges a résolu, semble-t-il, le problème du renouvellement des protéines de la façon que nous venons de décrire (synthèse des pro-

téines très spécifique_, dégradation non spécifique et au hasard). Ce renouvellement permet de corriger les erreurs du mécanisme de synthèse des protéines en détruisant les protéines anormales qu'il produit parfois et qui sont incapables de remplir des fonctions utiles à la cellule, voire même susceptibles d'entraîner sa mort. La structure des protéines anormales n'est pas reconnue par l'organisme et il les détruit plus rapidement que les autres.

Le renouvellement des protéines donne aussi à l'organisme la possibilité d'adaptation. La réponse à tel ou tel stimuli externe (jeûne...) ou interne (hormonal) passe par un fonctionnement plus ou moins rapide des mécanismes de synthèse (changement de concentration d'un enzyme...) ou de dégradation (mobilisation des protéines corporelles en cas de privation de nourriture, involution utérine après la mise bas...).

Mais ce continuel renouvellement des structures est le facteur majeur de consommation d'énergie par les êtres vivants; les processus de synthèse sont énergétiquement coûteux; ceux du catabolisme sont peu connus mais semblent être non négligeables.

II - RENOUVELLEMENT DES CELLULES

Comme nous l'avons indiqué précédemment, l'aspect dynamique des constituants cellulaires inclut le renouvellement des cellules elles-mêmes.

Pour estimer la fréquence des divisions cellulaires dans un tissu la méthode la plus ancienne consiste à compter sur des coupes histologiques de ce tissu le nombre de mitoses et à rapporter la valeur obtenue au nombre total de cellules visibles sur la coupe; le résultat de ce quotient est appelé index mitotique. On peut utiliser aussi un marqueur radioactif de l'ADN : la thymidine ^{3}H afin de mieux saisir les cellules en cours de division : la thymidine ^{3}H va s'incorporer uniquement dans les noyaux des cellules en cours de division et plus spécialement dans la phase appelée "S" de cette division qui correspond à la synthèse de l'ADN. Cependant la présence d'un "ADN métabolique" qui incorpore aussi ce marqueur dans toutes les cellules rend l'interprétation de ces mesures assez délicate. Il faut calculer à l'aide d'une méthode de double marquage un index mitotique corrigé.

Dans un même organisme il y a des écarts énormes entre les vitesses auxquelles différentes cellules se multiplient et meurent. Cette hétérogénéité est d'ailleurs une des principales caractéristiques de l'état dynamique des constituants cellulaires.

Selon les méthodes ou les marqueurs employés les durées de vie mesurées sont peu homogènes. Cependant il est possible d'envisager un classement de divers tissus ou organes. Le renouvellement cellulaire est particulièrement important dans l'appareil digestif (tube digestif en particulier) et le système hematopoïétique. Il est plus faible dans les reins, l'appareil respiratoire et le système urogénital. Il est faible dans les muscles et surtout les neurones. Dans le système nerveux on considère que les neurones ont une durée de vie égale à celle de l'animal. Au niveau du tube digestif, le renouvellement de l'épithélium intestinal est particulier. La division cellulaire est localisée exclusivement à la base des villosités intestinales dans les cryptes de LieberKühn. Les cellules nouvellement formées migrent le long de la villosité et lorsqu'elles sont arrivées à son sommet tombent dans la lumière intestinale. Le mécanisme du contrôle de cette division cellulaire n'est pas connu. L'apparente continuité de l'épithélium des villosités intestinales est donc le résultat d'un renouvellement cellulaire. Chez l'homme, des cellules épithéliales nouvelles sont produites dans tout le tube digestif de l'estomac au rectum et l'ensemble de cette population cellulaire est remplacé en 3 à 6 jours environ (FAUCONNEAU et MICHEL, 1970). L'épithélium de l'intestin grêle est renouvelé en 2 à 4 jours environ chez le porcelet de 3 semaines (MOON, 1971) et 5 jours environ chez le porc adulte (MESLIN et DABURON, 1977). Le vieillissement entraînerait un certain ralentissement du renouvellement de l'épithélium intestinal (BUETOW, 1971).

Un autre type cellulaire, très étudié à ce point de vue, est constitué par les globules rouges (hématies). Chez le rat la durée de vie de ces cellules sans noyau est de 60 jours environ (LARVOR, 1969). Chez les moutons adultes cette durée varie entre 70 et 150 j selon les auteurs (BLUNT, 1975).

Il ne semble pas y avoir de corrélation entre la durée de vie des cellules et le renouvellement de leurs constituants. Dans la mesure du renouvellement des protéines totales d'un tissu il est difficile d'estimer quantitativement la part due au renouvellement cellulaire.

III - RENOUVELLEMENT GLOBAL DE TOUTES LES PROTEINES D'UN ORGANISME : MESURE DE LA VITESSE D'UTILISATION METABOLIQUE DES ACIDES AMINES OU FLUX TOTAL D'ACIDES AMINES. QUELQUES FACTEURS DE VARIATION

1) Définition

Rappelons brièvement les différentes voies du métabolisme des acides aminés chez les mammifères ce qui répond à la question : quel est le devenir des acides aminés dans l'organisme? Ils sont utilisés pour la synthèse des protéines et la quantité utilisée correspond au besoin en acides aminés nécessaires au renouvellement des protéines de tous les tissus et organes. Dans ces tissus les acides aminés peuvent aussi être dégradés selon différentes voies qui sont fonction de l'acide aminé considéré. C'est une oxydation des acides aminés, les atomes de carbone sont rejetés dans les gaz respiratoires sous forme de gaz carbonique. Le groupement aminé de l'acide aminé est excrété sous forme d'urée et passe dans l'urine. D'où proviennent ces acides aminés? Ils sont apportés par l'alimentation d'une part (y compris les microorganismes du rumen chez les ruminants), d'autre part le catabolisme protéique assure une fourniture importante et ils peuvent être fabriqués par l'organisme (acides aminés non indispensables) à une vitesse qui est fonction du type d'acide aminé.

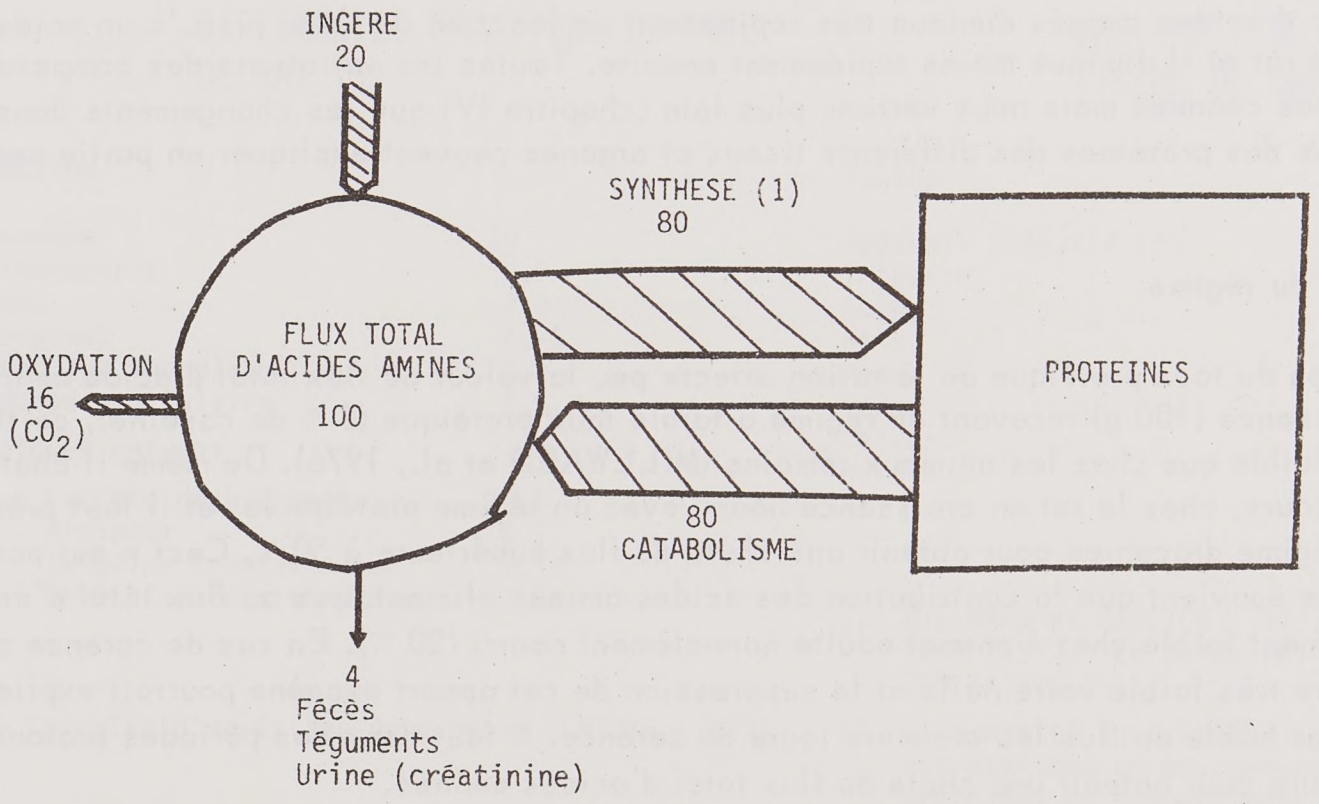
Le flux total d'acides aminés représente la quantité totale d'acides aminés d'un organisme vivant qui est métabolisée par unité de temps. C'est la somme algébrique (résultante) des vitesses avec lesquelles les acides aminés sont engagés dans les différentes voies de leur métabolisme. Ce flux peut être comparé au métabolisme de base qui est la somme des consommations d'oxygène des différents tissus. Il est possible de définir un flux pour chaque acide aminé. Afin de tenir compte de tous les acides aminés, le flux total s'exprime par une quantité de protéines ou d'azote par unité de temps et de poids de l'animal ou de poids métabolique.

2) Flux total d'acides aminés chez le mammifère adulte, ses composantes

Le tableau II et la figure 2 montrent quelques estimations de ce flux obtenu par des méthodes d'infusion d'acides aminés marqués ou d'azote ^{15}N chez le rat et l'homme. On peut considérer que chez l'adulte la quantité de protéines synthétisées est égale à la quantité de protéines dégradées. Le point intéressant mis en évidence par ce genre d'étude est la réutilisation des acides aminés, c'est-à-dire la probabilité qu'a un acide aminé provenant du catabolisme protéique d'être réincorporé dans les protéines. Elle est importante mais on ne sait pas la mesurer avec précision. Chez l'animal ou l'homme normalement nourri le flux total d'acide aminé est considérablement plus grand que la quantité ingérée (5 fois environ) et ce flux est essentiellement alimenté (80 % environ) par le catabolisme des protéines.

Le flux total d'acides aminés est fonction de la taille de l'espèce. Il est plus important chez les petits animaux que les gros. Une des difficultés de comparaison entre les différentes espèces est de trouver des stades de développement comparables.

FIGURE 2 : FLUX TOTAL D'ACIDES AMINES QUOTIDIEN DANS UN ORGANISME ADULTE D'APRES LES DONNEES DE MILLWARD ET AL. (1976).



(1) Il y a une importante réutilisation in situ des acides aminés provenant du catabolisme protéique.

TABLEAU 2 : FLUX TOTAL D'ACIDES AMINES CHEZ L'HOMME ET LE RAT.

	Flux total d'acides aminés (g de protéine/kg/jour)
Homme (70 kg)	4,6 (1)
Rat (330 g)	28,0 (2)

(1) JAMES et al. (1976)
(2) MILLWARD et al. (1976)

TABLEAU 3 : EVOLUTION DU FLUX TOTAL D'ACIDES AMINES AU COURS DU DEVELOPPEMENT DU RAT(1).

Poids (g)	Flux total d'acides aminés (g de protéine/kg/jour)
37	90
115	50
511	27,5

(1) MILLWARD et al. (1976)

3) Influence de l'âge (tableau III)

Le flux total d'acides aminés diminue très rapidement en fonction de l'âge jusqu'à un poids voisin de 150 g chez le rat et il diminue moins rapidement ensuite. Toutes les variations des composantes de ce flux ne sont pas connues mais nous verrons plus loin (chqpitre IV) que les changements dans les vitesses de synthèse des protéines des différents tissus et organes peuvent expliquer en partie ces variations.

4) Influence du régime

La diminution du taux protéique de la ration affecte peu la valeur du flux total d'acide aminé. Chez le rat en croissance (100 g) recevant un régime à faible taux protéique (6 % de caséine), ce flux est 20 à 30 % plus faible que chez les animaux témoins (MILLWARD et al., 1976). De même il chute de 20 à 30 % en 2 à 3 jours, chez le rat en croissance nourri avec un régime protéiprive, et il faut près de 3 semaines de ce régime draconien pour obtenir une chute du flux supérieure à 50 %. Ceci n'est pas très surprenant si l'on se souvient que la contribution des acides aminés alimentaires au flux total d'acides aminés est relativement faible chez l'animal adulte normalement nourri (20 %). En cas de carence cette contribution doit être très faible voire nulle et la suppression de cet apport exogène pourrait expliquer la chute relativement faible du flux les premiers jours de carence. Il faut donc des périodes prolongées de carence alimentaire pour obtenir une chute du flux total d'acides aminés.

La restriction énergétique (50 %) avec maintien à niveau constant des autres constituants du régime ne semble pas modifier le flux global d'acides aminés apprécié sur un ensemble de tissus représentant près de 70 % du poids vif (ARNAL, 1972).

Si le flux total d'acides aminés ne varie pas beaucoup en fonction du régime, il y a par contre d'importantes variations au niveau des tissus ou organes comme nous allons le voir ultérieurement.

IV - RENOUVELLEMENT DES PROTEINES DANS QUELQUES TISSUS ET ORGANES. QUELQUES FACTEURS DE VARIATION

1) Définitions

Beaucoup de travaux utilisant des traceurs isotopiques stables ou radioactifs sont de nature plutôt qualitative. Le traitement des données expérimentales de manière plus quantitative conduit à définir une terminologie pour laquelle il y a souvent controverse quant au choix et à la définition des termes. Nous avons choisi celle développée par ATKINS (1973) (figure 3). La vitesse de renouvellement est définie comme la quantité de substance transformée par unité de temps. Pour une protéine par exemple dont la quantité est stable dans le temps (protéine de structure d'un animal adulte) sa vitesse de renouvellement correspond à la quantité de protéine qui est synthétisée et dégradée par jour. Le temps de renouvellement est le temps nécessaire à l'apparition ou à la disparition d'une quantité de substance égale à celle présente dans le compartiment.

2) Hétérogénéité des vitesses de renouvellement des protéines

Une des propriétés remarquables du renouvellement des protéines est son hétérogénéité. Dans le foie (tableau IV) le temps de renouvellement de différentes protéines peut varier de 1 à 1000. Dans cette comparaison si l'on considère à un extrême le collagène (non indiqué dans le tableau IV) pratiquement inerte et à l'autre extrême l'ornithine décarboxylase enzyme ayant un temps de renouvellement voisin de 15 mn, l'écart entre les différentes vitesses de renouvellement des protéines hépatiques est

TABLEAU 4 : TEMPS DE RENOUVELLEMENT DE DIFFERENTES FRACTIONS DU FOIE DE RAT (1)

FRACTION	
Lysosome	10
Mitochondrie	9,8
Noyau	7,3
Homogenat	4,75
Reticulum endoplasmique	2,9
Membrane cellulaire	2,6
Quelques enzymes :	
- Lactate deshydrogénase	23,0
- Arginase	6,5
- Tyrosine transaminase	0,15
- Ornithine decarboxylase	0,01

(1) Calculés d'après les données de SCHIMKE (1970)

TABLEAU 5 : VITESSE DE RENOUVELLEMENT GLOBALE DES PROTEINES DANS DIFFERENTS TISSUS OU ORGANES DU RAT (1)

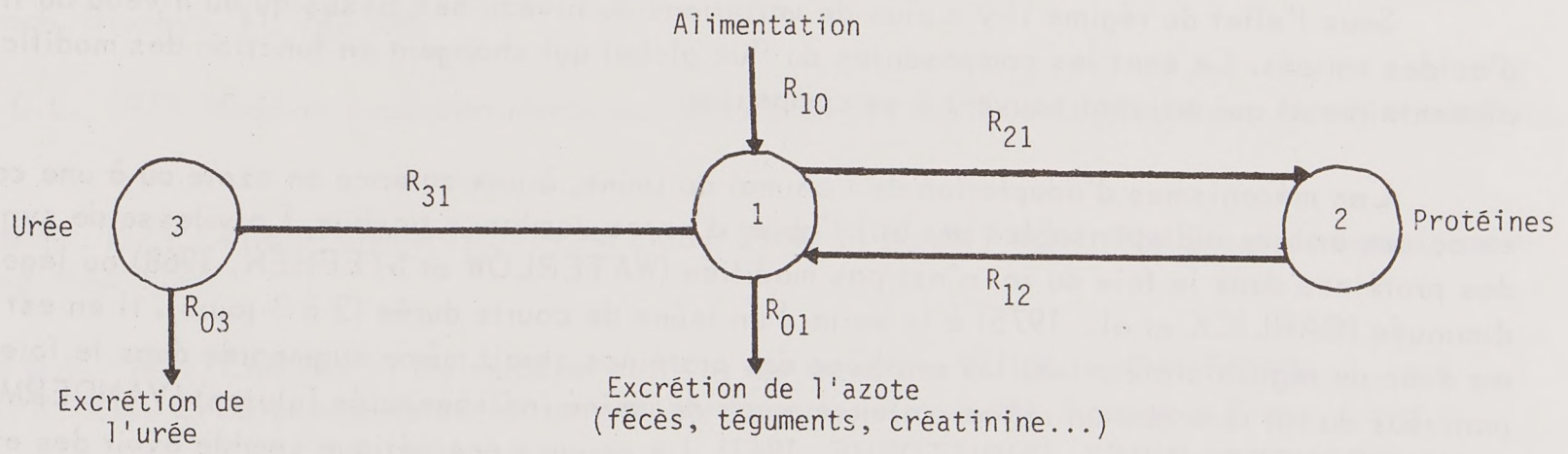
TISSUS	
Appareil digestif (3)	90
Intestin	70
Foie	58
Rein	48
Peau	40
Coeur	20
Cerveau	13
Muscle	10

(1) MILLWARD et GARLICK (1972) et ARNAL, FAUCONNEAU, PECH (1972). Le poids des rats est compris entre 200 et 300 g.

(2) La quantité de protéine synthétisée (renouvelée) est exprimée en pourcentage de la somme totale des protéines du compartiment.

(3) Foie + rein + tube digestif vide + glandes annexes.

FIGURE 3 : MODELE REPRESENTANT LE METABOLISME DE L'AZOTE CHEZ L'ANIMAL.



R_{10} - Vitesse de l'apport alimentaire
R_{01} - Vitesse d'excrétion de l'azote
R_{21} - Vitesse de synthèse des protéines
R_{12} - Vitesse de dégradation des protéines

Un système biochimique (une protéine...) ou physiologique (animal, organe...) est défini comme un ensemble dans lequel on désire étudier le comportement d'une substance (acide aminé...) et sur lequel on peut effectuer des expériences. On peut y définir une série de compartiments dans lesquels une quantité de substance a une cinétique uniforme et reconnaissable. L'analyse compartimentale consiste en un ensemble de techniques utilisé pour décrire le comportement du système qui est représenté de manière schématique (modèle théorique). Un système d'équation décrit l'évolution des concentrations en fonction du temps et des quantités de substance mises en jeu dans les divers processus. Le terme "pool métabolique" doit être réservé aux considérations qualitatives car c'est un terme imprécis.

encore plus important. Cette hétérogénéité est aussi présente dans d'autres tissus tels que le muscle...

La vitesse de renouvellement globale de l'ensemble des protéines d'un tissu est très variable d'un tissu ou d'un organe à un autre comme l'indique le tableau V. La vitesse de renouvellement globale d'un tissu est une grandeur qui tient compte à la fois de la vitesse de renouvellement de chacune des protéines constitutives et de sa concentration dans le tissu considéré. Les organes ou tissus de la cavité abdominale (régulateurs du métabolisme protéique) ont en général des vitesses de renouvellement élevées. L'importance de la contribution d'un tissu au flux total d'acides aminés d'un organisme est fonction de la vitesse de renouvellement de ses structures mais aussi de sa taille. Le tissu musculaire qui est le tissu le plus répandu dans le corps (près de 40 % du poids vif) contribue pour une grande part au flux total d'acides aminés bien que la vitesse de renouvellement de ses protéines soit faible. La contribution des différents tissus varie en fonction de l'âge comme nous le verrons (1) mais aussi en fonction de la taille de l'animal. Quand on compare les vitesses de renouvellement des organites cellulaires entre les différents tissus l'hétérogénéité est toujours apparente; les mitochondries du muscle ont une durée de vie plus longue que celles du foie. Les variations entre tissus ne sont donc pas nécessairement dues à des proportions différentes de protéines.

La spécificité de la synthèse des protéines d'une part ainsi que les teneurs variables d'ARN des tissus d'autre part (on peut considérer que ces teneurs représentent la taille de "l'usine" synthétisant les protéines) permettent de concevoir cette hétérogénéité. Pour le catabolisme, on ne dispose pas de connaissances suffisantes pouvant expliquer que des protéines sont dégradées à des vitesses différentes. Quelques résultats récents cependant ont mis en évidence une attaque préférentielle de certaines protéines : les grosses molécules sont dégradées plus vite que les petites et les protéines basiques sont plus stables que les protéines acides (DICE et GOLDBERG, 1975).

3) Influence du régime

Sous l'effet du régime il y a plus de variations au niveau des tissus qu'au niveau du flux global d'acides aminés. Ce sont les composantes du flux global qui changent en fonction des modifications alimentaires et qui arrivent souvent à se compenser.

Les mécanismes d'adaptation de l'animal au jeûne, à une carence en azote ou à une carence en acides aminés indispensables ont fait l'objet d'assez nombreux travaux. La vitesse de synthèse des protéines dans le foie du rat n'est pas modifiée (WATERLOW et STEPHEN, 1968) ou légèrement diminuée (GARLICK et al., 1975) à la suite d'un jeûne de courte durée (2 à 3 jours). Il en est de même avec un régime protéiprive. La synthèse des protéines serait même augmentée dans le foie et le pancréas du rat recevant un régime carencé en acide aminé indispensable (gluten) (VANDERMEERS et VANDERMEERS-PIRET, CHRISTOPHE, 1967). La carence énergétique semble avoir des effets analogues au niveau des viscères (ARNAL, FAUCONNEAU, PECH, 1972). Les acides aminés utilisés pour cette synthèse proviennent du catabolisme protéique. Ils seraient fortement réutilisés et ce processus constituerait un facteur important d'adaptation de l'organisme : les acides aminés étant plus efficacement utilisés pour la synthèse des protéines auraient une probabilité plus faible d'être dégradés. Le renouvellement des protéines hépatiques est fortement diminué par ces carences. A l'opposé du foie la synthèse protéique dans le muscle est très sensible à la quantité d'acides aminés indispensables apportés par la ration. Le jeûne, les régimes protéiprives, déséquilibrés, carencés en protéines ou énergie font chuter la synthèse protéique musculaire. Le catabolisme des protéines n'est pas réduit dans les mêmes proportions. Le temps de renouvellement des structures est augmenté par ces carences. La masse musculaire a un besoin important d'acides aminés pour le renouvellement de ses structures, besoin qui est augmenté chez l'animal en croissance par la fabrication de nouvelles protéines.

(1) Voir article suivant dans ce même numéro.

CONCLUSION

Les tissus et organes sont donc continuellement dégradés et resynthétisés au cours de la vie de l'animal. Il existe un flux d'acides aminés qui représente la quantité totale d'acides aminés métabolisée par unité de temps c'est-à-dire la résultante des vitesses avec lesquelles les acides aminés sont utilisés dans les différentes voies du métabolisme : synthèse et dégradation des protéines, catabolisme oxydatif... Les acides aminés sont fortement réutilisés dans les tissus de l'animal. Cependant certains sont détruits et c'est l'alimentation qui, avec une fréquence variable selon le type d'animal et son âge, permet de ré-équilibrer ce flux. Le partage du flux entre les différents tissus et organes varie en fonction de l'âge et est très sensible à l'équilibre des constituants du régime ainsi qu'aux quantités ingérées.

Nous sommes encore limités en information de base sur cet aspect dynamique du métabolisme azoté et les différents processus (synthèse, dégradation...) ne sont pas encore estimés avec une précision suffisante. Cet aspect dynamique du métabolisme protéique devrait nous permettre de mieux comprendre le déterminisme de l'accumulation des protéines au cours du développement. Une investigation détaillée des mécanismes contrôlant l'équilibre entre synthèse et dégradation est nécessaire avant de fournir des indications sur la possibilité d'améliorer la rétention azotée et la vitesse de croissance en fonction des conditions nutritionnelles et génétiques. Un critère de sélection basé sur un rendement élevé de fabrication des protéines au cours de la croissance incluant à la fois une bonne conservation de l'azote et de l'énergie de la ration serait intéressant. Mais à l'heure actuelle nous pouvons dire seulement que l'un des moyens est d'obtenir une synthèse élevée associée à une dégradation faible.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARNAL M., FAUCONNEAU G., PECH R., 1972. Etude de la synthèse protéique *in vivo* : Mesure de l'activité anabolisante de divers tissus du rat en croissance à l'aide de la L Lysine ^{14}C (U). Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 11, 245-264.

ATKINS G.L., 1973. Modèles à compartiments multiples pour les systèmes biologiques, Gauthiers-Villars, Paris.

BLUNT M.H., 1975. Cellular elements of ovine blood. 29-44 in BLUNT M.H., The Blood of Sheep, Springer-Verlag, New-York.

BUETOW D.E., 1971. Changes in the mucosal cells of the intestine 97-106. In CAMERON, I.L. and THRASHER, J.D., Cellular and molecular renewal in the mammalian body, Academic Press, Londres.

CHAPPEVILLE F., HAENI A.L., 1974. Biosynthèse des protéines, Hermann, Paris.

DICE J.F., GOLBERG A.L., 1975. Relationship between *in vivo* degradative rates and isoelectric points of proteins. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 10, 3893-3897.

DE DUVE C., 1974. Les lysosomes. La Recherche, 49, 814-826.

FAUCONNEAU G., 1967. Interdépendance des denrées animales et végétales. C.I.C.R.A. Conférence, 1-20.

FAUCONNEAU G., MICHEL M.C., 1970. The role of the gastrointestinal tract in the regulation of protein metabolism, 481-576. In MUNRO H.N., Mammalian protein metabolism, Academic Press, Londres.

GARLICK P.J., MILLWARD D.J., JAMES W.P.T., WATERLOW J.C., 1975. The effect of protein deprivation and starvation on the rate of protein synthesis in tissues of the rat. Biochim. Biophys. Acta, 414, 71-84.

GROS F., MANAGO M., 1974. Biosynthèse des acides nucléiques. Replication et transcription, Hermann, Paris.

JAMES W.P.T., GARLICK P.J., SENDER P.M., WATERLOW J.C., 1976. Studies of aminoacid and proteins metabolism in normal man with L ($U^{14}C$) tyrosine. Cli. Sci. Molec. Med., 50, 525-532.

LARVOR P., 1969. Durée de vie des érythrocytes chez le rat au cours de la carence en magnésium. J. Med. Besançon, 5, 386-387.

MOON H.W., 1971. Epithelial cell migration in the alimentary mucosa of the suckling pig. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 137, 151-154.

MESLIN J.C., DABURON F., 1977. Durée du renouvellement de l'épithélium intestinal chez le porc adulte selon deux modes d'administration de la thymidine tritiée. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 17, 33-41.

MILLWARD D.J., GARLICK P.J., 1972. The pattern of protein turnover in the whole animal and the effect of dietary variations. Proc. Nutr. Soc. 31, 257-263.

MILLWARD D.J., GARLICK P.J., JAMES W.P.T., SENDER P.M., WATERLOW J.C., 1976. Protein turnover, 49-69. In COLE D.J.A., BOORMAN K.N., BUTTERY P.J., LEWIS D., NEALE R.J., SWAN H., Protein metabolism and nutrition, Butterworths, Londres.

SCHIMKE R.T., 1970. Regulation of protein degradation in mammalian tissues, 178-223. In MUNRO H.N., Mammalian protein metabolism. Academic Press, Londres.

STILLINGS B.R., 1973. World supplies of animal protein, 11-33. In PORTER J.W.G., ROLLS B.A., Proteins in human nutrition, Academic Press, Londres.

SPEDDING C.R.W., 1973. The meaning of biological efficiency, 13-26. In JONES J.G.W., The biological efficiency of protein production, The University Press, Cambridge.

VANDERMEERS A., VANDERMEERS-PIRET M.C., CHRISTOPHE J., 1967. Synthèse protéique *in vivo* dans le pancréas et le foie du rat normal, carencé en lysine et en thréonine ou récupérant de cette carence. Bull. Soc. Chim. Biol., 49, 759-778.

WATERLOW J.C., STEPHEN J.M.L., 1968. The effect of low protein diets on the turnover rates of serum, liver and muscle proteins in the rat, measured by continuous infusion of L (^{14}C) lysine. Clin. Sci. 35, 287-305.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 17-22.

ASPECT DYNAMIQUE DU METABOLISME PROTEIQUE DANS QUELQUES TISSUS DE L'AGNEAU AU COURS DU DEVELOPPEMENT

M. ARNAL(1), M. FERRARA(2), G. FEBVAY(3), G. FAUCONNEAU(1)

(1) Laboratoire d'Etude du Métabolisme Azoté
(2) Station de Recherches sur la Viande
(3) Stagiaire INSA

Afin de mieux connaitre le déterminisme du gain de protéine musculaire au cours du développement de l'agneau nous avons considéré qu'il est le résultat de la somme algébrique des deux processus qui le contrôlent : la synthèse et le catabolisme. Nous l'avons étudié également dans le foie et l'intestin grêle car le niveau des synthèses protéiques dans ces organes régulateurs du métabolisme protéique peut influencer fortement celui existant dans le tissu musculaire et dans la peau.

I - CONDITIONS EXPERIMENTALES

L'étude a été effectuée avec des agneaux mâles croisés Berrichon × Romanov-Limousin fournis par la Station de Recherches sur l'Elevage des Ruminants et qui ont été abattus à 4 âges différents : 1, 5, 10 et 16 semaines. Les animaux ont été séparés de leurs mères 6 à 12 heures après la naissance et ont reçu *ad libitum* un lait de remplacement contenant près de 26 % de matières azotées (N × 6,25) et 25 % de matières grasses (valeurs rapportées à la matière sèche). Les agneaux ont été sevrés progressivement pendant la 6e semaine (MOLENAT, THERIEZ, AGUER, 1971). Ils ont reçu également à volonté depuis la naissance un aliment complet aggloméré et du foin de luzerne. Après le sevrage, le rapport de consommation de matière sèche entre ces deux aliments a été de 90 % d'aliment complet pour 10 % de foin. Les vitesses de croissance ont été comprises entre 250 et 310 g/jour. Pour chaque stade d'abattage nous avons déterminé la valeur de la radioactivité se trouvant dans les acides aminés libres et les protéines à la suite d'une injection intraveineuse de L lysine ^{14}C (U)★. Nous avons ainsi apprécié la vitesse de synthèse des protéines dans les tissus.

Les précisions concernant les diverses conditions expérimentales sont décrites dans la thèse de FERRARA (1976).

II - SYNTHESE ET CATABOLISME DES PROTEINES DANS LE MUSCLE AU COURS DU DEVELOPPEMENT

1 - Croissance du muscle

★ *uniformément marquée*

Pendant la période étudiée, la quantité de protéine contenue dans chaque muscle (5 muscles ont été disséqués) croit linéairement en fonction de l'âge. La pente de la droite permet d'apprécier la vitesse de croissance moyenne des protéines du muscle qui est donc constante en fonction de l'âge.

La vitesse de croissance relative des protéines musculaires c'est à dire la vitesse de croissance rapportée à la quantité de protéines dans le muscle, diminue en fonction de l'âge (tableau I). Elle est plus élevée dans le muscle blanc (*Tensor faciae latae*) que dans le muscle rouge (Diaphragme) à l'âge d'une semaine.

2 - Synthèse et catabolisme

La quantité de protéine synthétisée par gramme de muscle et par unité de temps, qui peut être considérée comme l'intensité de la synthèse protéique dans les muscles, diminue entre les âges de 1 et 10 semaines c'est à dire jusqu'à un âge voisin de la puberté chez l'agneau (Figure 1). Elle est ensuite constante ou continue à décroitre selon le muscle considéré (FERRARA 1976). Avant le sevrage, la réduction de l'intensité de la synthèse protéique est compensée par la croissance des muscles et les quantités totales de protéines synthétisées aux âges de 1 et 5 semaines sont voisines (Figure 1). Chez l'animal plus âgé, la croissance du muscle n'est plus suffisante pour compenser la chute de l'intensité de la synthèse protéique, et la quantité totale des protéines synthétisées est réduite.

Le catabolisme protéique est apprécié par la différence entre la synthèse et le gain de protéine. Ce dernier étant constant pendant la période étudiée, l'évolution du catabolisme protéique musculaire en fonction de l'âge est identique à celle de la synthèse. Une synthèse élevée a donc ses effets limités par un catabolisme important.

La vitesse de renouvellement des protéines du muscle, (grandeur qui intègre à la fois les variations de la synthèse et du catabolisme) diminue rapidement en fonction de l'âge puis se stabilise ensuite (figure 2). Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par MILLWARD et al. (1975) chez le rat.

Le flux de lysine utilisé pour la synthèse protéique dans le muscle diminue en fonction de l'âge. Le besoin en lysine pour cette synthèse varie en sens inverse du poids du muscle (P); il est proportionnel à $P^{-0,20}$.

Le rendement de fabrication des protéines, défini comme le rapport entre le gain quotidien de protéine et la quantité de protéines synthétisées par le muscle pendant le même temps, est relativement stable et voisin de 20 % avant le sevrage (tableau II). Le muscle synthétise donc environ 5 fois plus de protéines qu'il n'en retient pour assurer sa croissance. Ce rendement est plus que doublé à l'âge de 10 semaines lorsque l'agneau est jeune ruminant. La quantité élevée d'aliments ingérés ainsi que la nature particulière des nutriments du ruminant : l'utilisation des acides gras volatils qui se substitue à celle du glucose et des acides gras, ces nutriments étant connus pour améliorer la rétention azotée chez le rat (VERMOREL et AUROUSSEAU, 1970) et le veau (VERMOREL et al. 1974), pourraient expliquer ce bon rendement. Chez l'animal plus âgé, à l'âge de 16 semaines, ce rendement diminue à nouveau malgré la présence d'acides gras volatils.

Les hormones sexuelles autour de la puberté ne semblent pas jouer un rôle important car le taux de testostérone ne subit pas d'importantes variations chez le mouton pendant cette période (COTTA et al. 1974).

TABLEAU 1 : VITESSE DE CROISSANCE RELATIVE DES PROTEINES (% JOUR (1)) DE QUELQUES MUSCLES DE L'AGNEAU AU COURS DU DEVELOPPEMENT.

Age (semaine)	Tensor faciae latae (2)	Diaphragme	Extensor digitorum longus (3)
1	6,5	4,6	4,9
5	2,1	2,1	2,0
10	1,2	1,1	1,1
16	0,8	0,8	0,8

(1) $\frac{\text{Vitesse de croissance moyenne des protéines}}{\text{Quantité de protéines totales du muscle}} \times 100$

(2) Muscle blanc de la cuisse

(3) Muscle de la jambe

TABLEAU 2 : RENDEMENT DE FABRICATION DES PROTEINES (VITESSE DE CROISSANCE DES PROTEINES/ PROTEINES SYNTHETISEES) X 100 DANS QUELQUES MUSCLES DE L'AGNEAU AU COURS DU DEVELOPPEMENT.

Age (semaine)	Tensor faciae latae	Diaphragme	Extensor digitorum longus
1	19,2	23,4	20,3
5	17,7	14,5	17,2
10	44,4	29,2	48,0
16	28,5	10,5	21,1

FIGURE 1 : EVOLUTION DE LA SYNTHESE PROTEIQUE (MG/J), DU GAIN DE PROTEINE (MG/J) ET DE L'INTENSITE DE LA SYNTHESE PROTEIQUE (µG/MIN/J) DANS LE MUSCLE ANCONE EXTERNE AU COURS DU DEVELOPPEMENT DE L'AGNEAU.

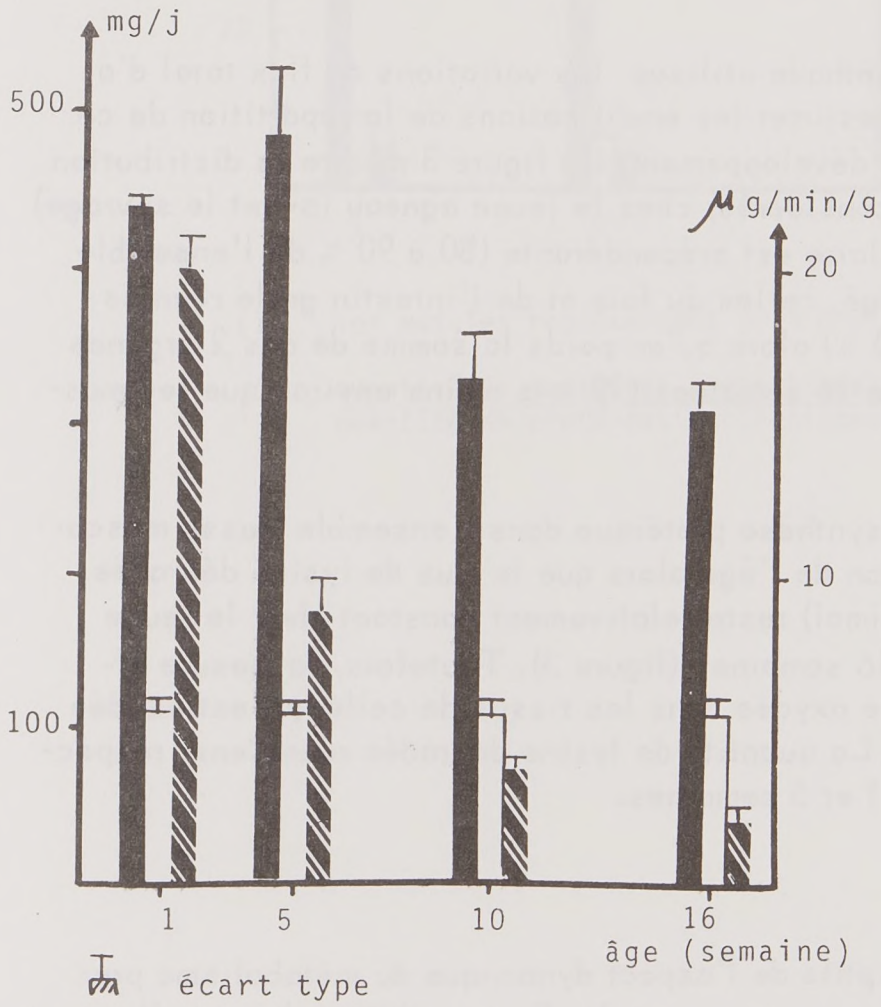
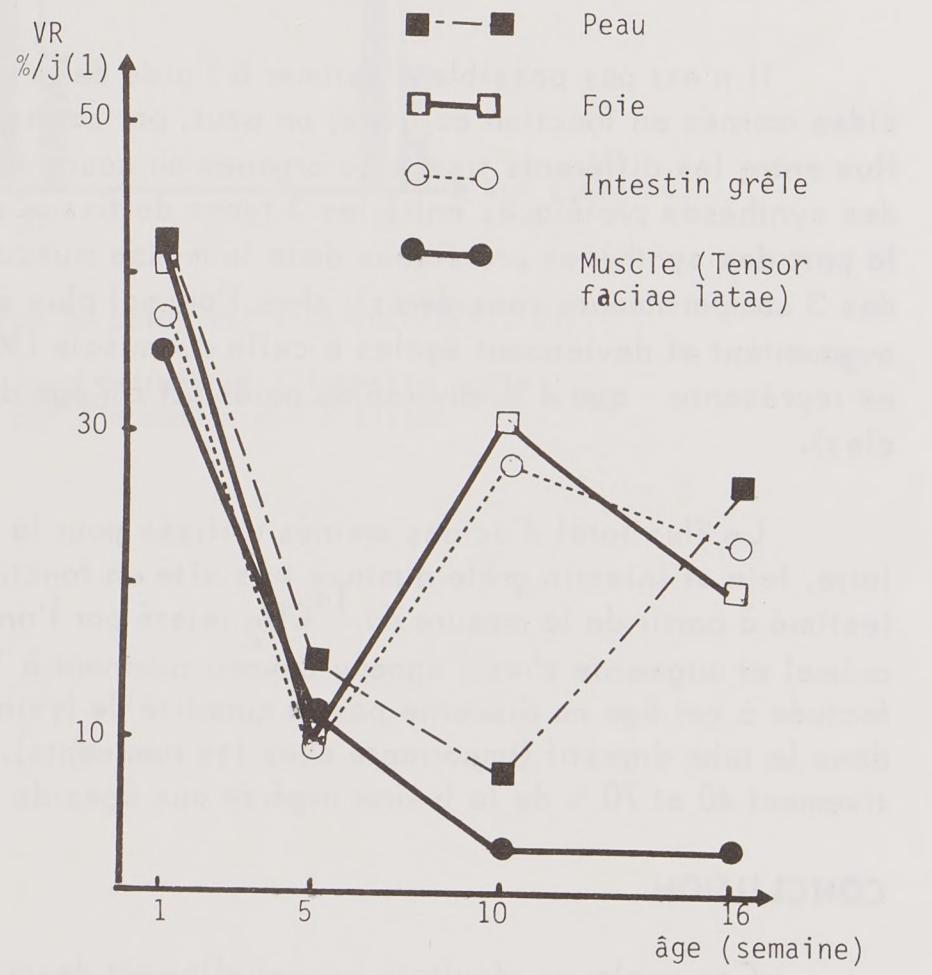


FIGURE 2 : VITESSE DE RENOUVELLEMENT DES PROTEINES (VR) DANS QUELQUES TISSUS ET ORGANES DE L'AGNEAU AU COURS DU DEVELOPPEMENT.



(1) $\frac{\text{quantité de protéines synthétisées par jour}}{\text{quant.totale de protéines du tissu ou de l'organe}} \times 100$

La faible intensité de la synthèse protéique musculaire à l'âge de 10 semaines associée à celle très importante rencontrée dans le foie (voir plus loin) peut faire penser à une carence azotée ou quantitative. Elle pourrait être due à un développement encore insuffisant du rumen qui ne peut couvrir les besoins en acides aminés indispensables de l'animal.

III - SYNTHESE PROTEIQUE DANS LE FOIE ET L'INTESTIN GRELE

Comme dans le muscle, la vitesse de renouvellement des protéines de ces deux organes chute très rapidement chez le jeune agneau avant le sevrage. En revanche, contrairement à ce qui a été observé dans le muscle, elle reste très importante chez l'agneau ruminant (Figure 2).

Les synthèses protéiques dans ces deux organes reflètent assez bien le niveau de nutrition. Nous avons montré qu'il y a une bonne corrélation entre la quantité de matière sèche ingérée en fonction du poids vif ou métabolique et l'intensité de la synthèse protéique dans ces organes (FEBVAY, 1977). Les synthèses protéiques apparaissent très faibles à l'âge de 5 semaines dans ces deux organes régulateurs du métabolisme protéique; il se pourrait bien que l'alimentation lactée ne soit pas capable d'assurer son maximum de développement au tube digestif de l'agneau.

IV - SYNTHESE PROTEIQUE DANS LA PEAU

La vitesse de renouvellement des protéines de la peau est semblable à celle des protéines des muscles jusqu'à l'âge de 10 semaines puis elle augmente fortement à l'âge de 16 semaines. Cette augmentation subite pourrait être la conséquence d'un stress climatique. Un coup de chaleur survenu à ce moment a vraisemblablement entrainé une hyperventilation pulmonaire responsable de l'augmentation des synthèses protéiques observées dans le diaphragme, et la peau a du participer à la réponse à ce stress, elle a pu réagir d'une manière analogue.

V - FLUX TOTAL D'ACIDES AMINES

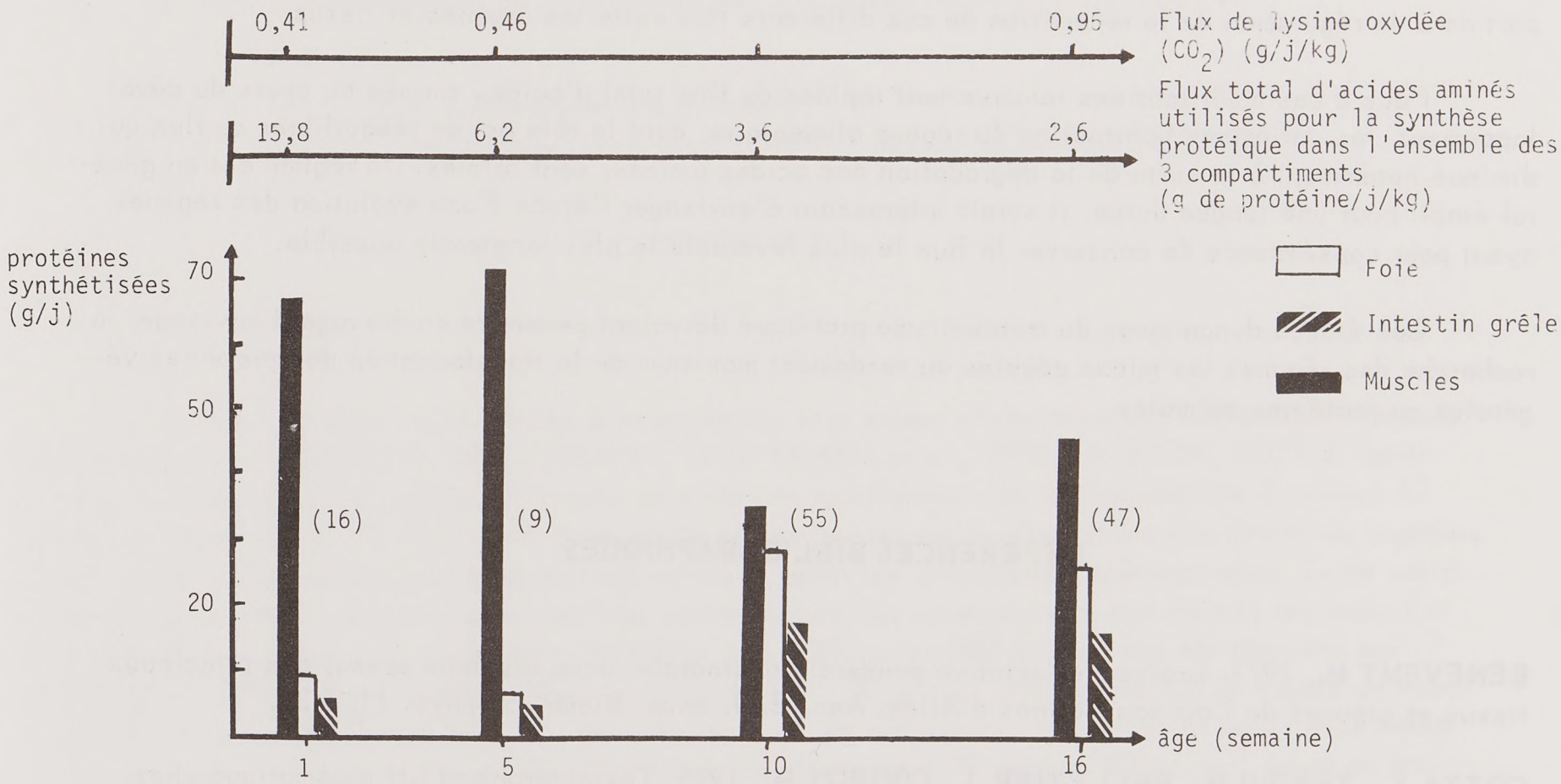
Il n'est pas possible d'estimer à l'aide de la méthode utilisée les variations du flux total d'acides aminés en fonction de l'âge; on peut, par contre, estimer les modifications de la répartition de ce flux entre les différents tissus ou organes au cours du développement. La figure 3 montre la distribution des synthèses protéiques entre les 3 types de tissus considérés; chez le jeune agneau (avant le sevrage) la part des synthèses protéiques dans la masse musculaire est prépondérante (80 à 90 % de l'ensemble des 3 compartiments considérés); chez l'animal plus âgé, celles du foie et de l'intestin grêle réunies augmentent et deviennent égales à celle du muscle (50 %) alors qu'en poids la somme de ces 2 organes ne représente que 4 % environ du poids vif à l'âge de 16 semaines (10 fois moins environ que les muscles).

Le flux total d'acides aminés utilisés pour la synthèse protéique dans l'ensemble masse musculaire, foie et intestin grêle diminue très vite en fonction de l'âge alors que le flux de lysine dégradée (estimé à partir de la mesure du $^{14}CO_2$ rejeté par l'animal) reste relativement constant chez le jeune animal et augmente chez l'agneau devenu ruminant à 16 semaines (figure 3). Toutefois, la mesure effectuée à cet âge ne discerne pas la quantité de lysine oxydée dans les tissus de celle qui est oxydée dans le tube digestif (importante chez les ruminants). La quantité de lysine dégradée représente respectivement 40 et 70 % de la lysine ingérée aux âges de 1 et 5 semaines.

CONCLUSION

Ces quelques résultats essentiellement descriptifs de l'aspect dynamique du métabolisme protéique dans quelques tissus de l'agneau permettent de mieux comprendre l'accumulation des protéines tissulaires et donc la croissance des tissus au cours du développement. Ils mettent aussi en évidence les modifications rapides qui existent dans l'utilisation métabolique des acides aminés en fonction de l'âge.

FIGURE 3 : EVOLUTION DE LA QUANTITE DE PROTEINES SYNTHETISEES DANS LA MASSE MUSCULAIRE (1) LE FOIE ET L'INTESTIN GRELE ; EVOLUTION DU FLUX DE LYSINE OXYDEE ET DU FLUX TOTAL D'ACIDES AMINES AU COURS DU DEVELOPPEMENT DE L'AGNEAU.



(1) les muscles représentent 37 % environ du poids vif vide (BENEVENT, 1971)

$$( ) = \frac{\text{quantité de protéines synthétisées dans le foie et l'intestin grêle}}{\text{quantité de protéines synthétisées par l'ensemble des 3 tissus}} \times 100$$

La majeure partie des protéines synthétisées est destinée à être dégradée ce qui explique en partie le coût élevé de la production de protéine. Les conditions les plus favorables à un gain élevé de protéines musculaires se rencontrent chez le jeune animal lorsque synthèse et catabolisme protéiques sont tous deux importants. Parmi les tissus étudiés le muscle semble "vieillir" le plus rapidement ce qui se traduit par une diminution de la vitesse de renouvellement de ses structures.

Le flux total d'acides aminés chez l'animal diminue rapidement en fonction de l'âge comme l'a montré MILLWARD (1976) chez le rat traduisant ainsi la diminution de l'activité métabolique générale de l'animal. A cette diminution sont associées des modifications importantes dans l'utilisation des acides aminés. Le flux d'acides aminés utilisés pour la synthèse protéique semble décroitre très rapidement au cours du développement et de manière très différente selon le tissu ou l'organe considéré. Par contre, le flux d'acides aminés dégradés a plutôt tendance à croître. Les hormones doivent entrer pour une grande part dans la régulation de la répartition de ces différents flux entre les organes et tissus.

Face à ces modifications relativement rapides du flux total d'acides aminés au cours du développement, les variations habituelles du régime alimentaire, dont le rôle est de rééquilibrer ce flux qui diminue notamment à la suite de la dégradation des acides aminés, sont faibles. Un régime est en général établi pour une longue durée, il serait intéressant d'envisager l'étude d'une évolution des régimes ayant pour conséquence de conserver le flux le plus favorable le plus longtemps possible.

Ces études dynamiques du métabolisme protéique devraient permettre en élevage d'envisager la recherche des régimes les mieux adaptés au rendement maximum de la transformation des protéines végétales en protéines animales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BENEVENT M., 1971. Croissance relative pondérale postnatale, dans les deux sexes, des principaux tissus et organes de l'agneau Mérinos d'Arles. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 11, 5-39.

COTTA Y., TERQUI M., PELLETIER J., COUROT M., 1975. Testostérone et LH plasmatique chez l'agneau de la naissance à la puberté. C.R. Acad. Sci. 269, 1473-1476.

FEBVAY G., 1977. Synthèse protéique *in vivo* dans le foie, l'intestin grêle et la peau au cours du développement de l'agneau. Compte rendu de stage.

FERRARA M., 1976. Synthèse protéique *in vivo* dans le muscle d'agneau au cours du développement. Détermination de la synthèse protéique du foie à l'aide du ^{14}C lysyl $tRNA^{lys}$. Thèse 3e cycle.

MILLWARD D.J., GARLICK P.J., STEWART R.J.C., NNANYELUGO D.O., WATERLOW J.C., 1975. Skeletal muscle growth and protein turnover. Biochem. J. 150, 235-243.

MOLENAT G., THERIEZ M., AGUER D., 1971. L'allaitement artificiel des agneaux. I Détermination de l'âge minimal au sevrage pour la production d'agneaux de boucherie. Ann. Zootechn. 20, 339-352.

VERMOREL M., AUROUSSEAU B., 1970. Utilisation énergétique de l'acide acétique et de la tricapryline par le rat en croissance. Proceeding Vth Symposium energy metabolism EAAP. Publ. n° 13, 185-188.

VERMOREL M., BOUVIER J.C., THIVEND P., TOULLEC R., 1974. Utilisation énergétique des aliments d'allaitement par le veau préruminant à l'engrais à différents poids. Proceeding VI th Symposium energy metabolism EAAP. Publ. n° 14, 143-146.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 23-34.

UTILISATION DES PAILLES TRAITEES A LA SOUDE PAR LES BOVINS

J.P. DULPHY★, A. GOMEZ CABRERA (1)

avec la collaboration de J.P. GAREL★★, J.P. ANDRIEU★, J.M. LOUYOT★★

★ Laboratoire des aliments
★★ Domaine expérimental INRA - SEI de MARCENAT (15330)

L'effet du traitement des pailles à la soude sur leur valeur alimentaire est intéressant et connu depuis longtemps (BECKMAN, 1921 ; JOUANY, 1975; REXEN et al., 1976; JACKSON, 1977). D'après les résultats de la bibliographie (2) on note en effet une amélioration de la digestibilité d'environ 12 points en traitant la paille avec 4 à 6 % de soude et une augmentation simultanée des quantités ingérées d'environ 25 %. Cependant, cet effet est très variable selon les conditions expérimentales. Cette variabilité est aussi très importante au niveau des performances des animaux recevant de tels régimes. En effet, des augmentations de croissance, de 430 g/jour (730 contre 300 g/jour) ont été trouvées par KOERS et al. (1970), mais aussi de légères diminutions : - 30 g/jour (920 contre 950 g/j dans un essai de BRAMAN et al., 1976). En moyenne, pour les animaux en croissance, les gains de poids supplémentaires par rapport au témoin ont été de 140 g/jour dans 6 essais (720 contre 580 g/jour) grâce au traitement de la paille et l'efficacité alimentaire des rations est passée de 10,3 à 8,3 kg par kg de gain de poids dans 4 essais. Par ailleurs, les rares résultats obtenus sur les vaches laitières ne donnent pas une réponse uniforme : WILSON (1974) n'a pas obtenu d'amélioration de l'efficacité alimentaire après traitement à la soude mais une augmentation du taux butyreux alors que GREENHALGH et al. (1976) ont obtenu à la fois un accroissement du taux butyreux et de la production de lait (+ 2,4 kg/jour). PIATCHAIAH (1971) par contre n'a noté qu'un effet très faible du traitement à la soude.

Compte tenu du faible nombre de résultats disponibles nous avons donc mis en place, à la suite de la sécheresse de 1976, une série d'essais pour étudier sur bovins les pailles traitées à la soude. Nous avons testé 2 types de traitement, l'un par voie sèche effectué dans une usine de déshydratation, l'autre par voiehumide suivi d'une conservation en silo. Les animaux utilisés étaient des génisses de 1 et de 2 ans et des vaches laitières. Nous avons réalisé au total 5 essais sur bovins et 3 sur moutons dans les domaines INRA d'Orcival et de Marcenat, durant l'hiver 1976-1977. Par ailleurs, un autre essai a été réalisé par M. PETIT sur vaches allaitantes et sera rapporté ultérieurement.

(1) Professeur à l'Ecole Technique Supérieure d'Ingénieurs Agronomes de CORDOUE (Espagne)

(2) Une partie des références bibliographiques n'est pas citée dans le texte mais la liste complète peut être fournie sur simple demande auprès du secrétariat du Laboratoire des Aliments.

CONDITIONS EXPERIMENTALES

La paille traitée par voie sèche (paille de blé) se présentait sous forme condensée de 8 mm de diamètre (pellets). Elle a été préparée par passage dans un tube de déshydrateuse, arrosage avec une solution concentrée de soude (pour obtenir 4 - 5 % de soude pure dans la matière sèche de paille) et agglomération dans une presse à filière.

La paille traitée par voie humide (paille d'orge) a été préparée à Orcival après un hachage grossier (2 - 4 cm) par une ensileuse à couteaux : la paille ainsi obtenue était mise en silo où elle était arrosée par couche avec une solution de soude diluée dans du lactosérum liquide. Nous avons utilisé 2,17 litres de lactosérum et 49 g de soude par kg de paille. Aucun mélange paille-solution n'a été effectué.

A Marcenat, la paille ensilée n'a pas été hachée, mais la méthode de fabrication a été la même qu'à Orcival en appliquant le traitement par lits successifs de balles de paille dont les ficelles avaient été préalablement coupées.

Les détails concernant les différentes conditions expérimentales utilisées pour étudier ces pailles sont rapportés aux tableaux IA et IB.

La paille traitée par voie sèche a été distribuée aux animaux suivants :

- 28 génisses de 1 an, à Marcenat et 13 génisses de 2 ans, à Orcival
- 24 vaches laitières à Orcival
- 6 moutons à Marcenat et 5 à Orcival, en mesure de digestibilité.

Quant à la paille traitée par voie humide elle a été distribuée à 20 génisses de 1 an à Orcival et 25 génisses de 2 ans, à Marcenat.

Dans chaque essai, le principe a été de comparer la paille traitée au même fourrage n'ayant subi aucun traitement. Malheureusement, pour celle traitée par voie sèche, qui provenait du commerce, nous n'avions pas la paille correspondante non traitée et nous avons, de ce fait, été obligés de prendre une paille différente (paille de blé à Marcenat, d'orge à Orcival). Dans les autres cas, il s'agissait en revanche des mêmes fourrages.

Dans tous les cas, la paille traitée et la paille témoin ont été distribuées à volonté, mais en plus dans la plupart de ces essais, nous avons introduit des régimes avec paille traitée distribuée en quantité limitée (au niveau de la quantité ingérée de la paille témoin distribuée *ad libitum*, sauf dans l'essai 2 dans lequel nous nous sommes situés plus bas que ce niveau).

Les schémas expérimentaux utilisés pour les expériences sur bovins ont été les suivants :

- Une période préexpérimentale sur un régime commun pour tous les animaux d'un même essai, régime proche des régimes expérimentaux, puis une mise en lot d'après le poids et l'âge pour les génisses, la production laitière, la date de vêlage, le poids, l'âge et l'appétit pour les vaches laitières.

- Une période expérimentale de durée variable (9 à 18 semaines), mais sans inversion et après une courte période de transition de 1 à 2 semaines.

- Une période post-expérimentale sur des régimes comparables aux régimes pré-expérimentaux (pour les génisses seulement).

TABLEAU 1A : ESSAIS SUR GENISSES

Essai	Type de paille étudiée	Animaux (lieu)	Mode de conduite stabulation	Nombre d'animaux	Régimes (poids des aliments en kg de matière brute)	Schéma expérimental (jours)			
						Période préexpale	Période transition	Période expale	Période post-expale
I	paille traitée par voie sèche	Génisses Salers de 1 an (Marcenat)	Alimentation par groupe de 2. Stabulation entravée sans paille.	3 lots de 14	* A)+ 700 g tourteau soja * B)+ 200 g paille longue)+ 1600 g maïs grain avec 3 % urée. * C)	14	7	124	14
II		Génisses Frisonnes et Montbéliardes de 2 ans (Orcival)	Alimentation en lot. Stabulation libre sur paille limitée.	2 lots de 13	* A)+ 1 kg tourteau d'arachide + 300 g orge * B)+ 8,5 kg ensilage maïs	14	14	70	14
III	paille traitée par voie humide (ensilage)	Génisses de race laitière de 1 an (Orcival)	Alimentation individuelle. Stabulation entravée sur copeaux de bois.	3 lots de 10	* A) soit 1,85 kg d'orge + 600 g tourteau soja-arachide. * B) * C) Soit 8 kg d'ensilage de maïs + 700 g tourteau soja-arachide.	14	14	70	14
IV		Génisses Salers de 2 ans (Marcenat)	Alimentation en lot. Stabulation libre sans paille.	15 15 10	* A) * B) +700 g tourteau soja * C) +1600g maïs grain avec 3 % urée.	21	7	108	14

TABLEAU 1B : ESSAIS SUR VACHES LAITIERES ET SUR MOUTONS

Essai	Type de paille étudiée	Animaux (lieu)	Mode de conduite stabulation	Nombre d'animaux	Régimes (poids des aliments en kg de matière brute)	Schéma expérimental (jours)			
						Période préexpale	Période transition	Période expale	Période post expale
V	paille traitée par voie sèche	Vaches laitières frisonnes et montbéliardes. (Orcival)	Alimentation individuelle Stabulation entravée sur copeaux de bois.	4 lots de 8 (6 primipares - 26 multipares)	* A)+10 kg ensilage de maïs)+2,5kg tourteau soja-arachide 50)+28kg pulpe de betterave)+concentré "production" * B) * C) * B +1kg paille hachée)	14 (mise en lot 65 j après vêlage)	14	63	21
VI	idem	Moutons (béliers castrés Texel) (Marcenat)	Cages à métabolisme.	2 lots de 6	* A avec 3 niveaux de concentré : - 7,5% de la ration(soja) -15 % " " " -30 % " (soja+maïs) * B idem ci-dessus	Période préexpérimentale commune aux deux lots. Expérience en carré latin à l'intérieur de chaque lot, ad libitum puis en quantité limitée.			
VII	idem	Moutons (Orcival)	idem	6	* B + 170 g de soja	Distribution en quantité limitée. Mesure de digestibilité.			
VIII	Paille traitée par voie humide	Moutons (Orcival)	idem	6	* A))+ 150 g de soja * B)	Distribution ad libitum. Mesure de digestibilité.			

* A : paille ordinaire ad libitum (longue pour les génisses, hachée pour les vaches laitières et les moutons)
* B : paille traitée ad libitum
* C : paille traitée distribuée en quantité limitée

N.B. La mise en lot est effectuée à la fin de la période préexpérimentale. Lors de la période post-expérimentale tous les animaux d'un essai reçoivent un régime commun.

Pour les moutons à Marcenat, nous avons utilisé le carré latin comme schéma expérimental afin de tester rigoureusement l'effet du niveau d'apport d'aliment concentré sur la valeur alimentaire des pailles, indépendamment d'une évolution éventuelle de l'appétit des animaux dans le temps (XANDE, 1977). Au cours d'une première période, les rations ont été distribuées *ad libitum*, et ensuite en quantité limitée : 25 g MS/kg $P^{0,75}$ pour la ration paille ordinaire + concentré et 45 g MS/kg $P^{0,75}$ pour la ration paille traitée + concentré, soit respectivement 540 et 972 g de matière sèche pour un mouton de 60 kg.

En plus des fourrages et aliments concentrés, les animaux ont reçu des vitamines et des minéraux permettant de couvrir leurs besoins. La composition de l'ensemble des fourrages utilisés est rapportée au tableau II.

L'analyse statistique des résultats a été faite par analyse de variance pour les génisses et de covariance (par rapport aux données préexpérimentales) pour les vaches.

RESULTATS

I - Génisses (tableau III)

A - Paille traitée par voie sèche

Les quantités ingérées de matière sèche de paille traitée ont été supérieures à celles des pailles ordinaires auxquelles elle était comparée (+ 41 % à Marcenat et + 10 % à Orcival) mais nous ne pouvons faire une comparaison rigoureuse puisque les pailles comparées traitées et non traitées étaient différentes.

De même, les gains de poids journaliers ont été légèrement supérieurs avec les pellets distribués *ad libitum* : + 200 g environ à Marcenat et + 125 g à Orcival. Le fait de limiter l'apport de pellets au niveau des quantités de paille ordinaire ingérées a réduit, à Marcenat, l'écart de gains de poids à 65 g, ce qui montre que la différence de valeur énergétique entre la paille traitée et celle non traitée est faible.

D'ailleurs, si on essaie de calculer la valeur énergétique des pailles à partir des besoins des animaux on constate effectivement que l'effet du traitement est faible : + 0,06 UFL/kg MS pour des ingestions comparables. Ce faible effet est annulé pour des ingestions élevées de paille traitée.

B - Paille traitée par voie humide

Les pailles mises en comparaison sont de même origine. Nous avons donc la possibilité de connaître l'effet du traitement à la soude (et celui de l'apport de lactosérum qui représente environ 0,1 UFL/kg de matière sèche de paille traitée désilée et 12 % environ de la matière sèche du mélange paille-lactosérum).

A Orcival, les quantités ingérées de paille ont augmenté de 10 %, ce qui, compte tenu de la présence de lactosérum, correspond en fait à un accroissement nul. A Marcenat, l'augmentation a été de 26 %, soit environ 15 % pour la partie paille.

Dans ces essais, les gains de poids avec la paille ensilée distribuée à volonté ont augmenté de 61 g (différence non significative) à Orcival et de 182 g à Marcenat.

TABLEAU 2 : COMPOSITION DES ALIMENTS

Essai	Fourrages	Teneur en matière sèche (%)	Teneur en Cendres (%)	Teneur en M.A.T. (%)	Teneur en cellulose brute (%)	Qualité de conservation					
						pH	N - NH_3 % total	Acide acétique g/kg M.S.	Acide butyrique g/kg M.S.	Acide lactique g/kg M.S.	Alcools g/kg M.S.
I	paille ordinaire	90,0	10,9	3,99	39,7						
	paille traitée	90,0	9,8	2,55	39,9						
II	paille ordinaire	84,0	4,8	3,00	41,7						
	paille traitée	91,0	4,8	1,97	38,0						
	ensilage de maïs	37,2	5,0	9,07	16,1	3,99	7,4	16,0	1,1	47,8	9,7
III	paille ordinaire	84,1	4,8	3,00	45,8						
	ensilage de paille	32,8	10,4	4,24	39,0	7,08	8,7	34,5	29,5	11,5	13,8
	ensilage de maïs	idem essai II									
IV	paille ordinaire	90,0	10,1	3,79	40,3						
	ensilage de paille	41,2	14,2	4,15	37,8	8,90	4,9	25,4	13,7	19,7	3,8
V	paille ordinaire	84,8	3,9	2,10	45,3						
	paille traitée	idem essai II									
	ensilage de maïs	34,1	5,3	9,85	16,6	3,93	8,4	15,4	0,0	48,4	9,2
	ensilage de pulpe bet.	18,8	4,1	11,08	20,4	3,90	4,3	42,8	25,5	33,3	33,7
VI	paille ordinaire	90,0	12,1	3,31	38,9						
	paille traitée	90,0	8,1	2,50	39,1						
VII	paille traitée	idem essai II									
VIII	paille ordinaire	idem essai III									
	ensilage de paille										

TABLEAU 3 : RESULTATS DES ESSAIS SUR GENISSES

Essai	Type de paille utilisée	Animaux (lieu)	Régimes		Quantités ingérées/jour (kg MS p.100 kg P.V.)				Poids vif moyen (kg)	Gain de poids* (g/jour)
					paille	complément	tourteau	total		
I	Paille traitée par voie sèche	Génisses SA 1 an (Marcenat)	Paille ordinaire ad libitum		1,19	0,46	0,21	1,86	297	385[a]
			Paille traitée ad libitum		1,68**	0,44	0,20	2,32	312	581[b]
			Paille traitée en q. limitée		1,14**	0,46	0,21	1,81	297	450[c]
II		Génisses FF 2 ans (Orcival)	Paille ordinaire ad libitum		0,91	0,77	0,20	1,88	434	230[a]
			Paille traitée ad libitum		1,00	0,74	0,20	1,94	451	355[b]
III	Paille traitée par voie humide	Génisses laitières 1 an (Orcival)	Paille ordinaire ad libitum	Orge	1,25	0,50	0,17	1,91	315	408[a]
				Maïs ensilé	0,84	0,76	0,19	1,79	332	699[b]
			Paille ensilée ad libitum	Orge	1,27	0,49	0,17	1,92	321	542[c]
				Maïs ensilé	1,03	0,75	0,19	1,96	334	687[b]
			Paille ensilée en quantité limitée	Orge	1,00	0,50	0,17	1,66	315	534[ac]
				Maïs ensilé	0,75	0,75	0,19	1,69	333	649[bc]
IV		Génisses SA 2 ans (Marcenat)	Paille ordinaire ad libitum		1,15	0,24	0,13	1,52	465	181[a]
			Paille ensilée ad libitum		1,47	0,24	0,13	1,84	471	363[b]
			Paille ensilée en q. limitée		1,16	0,25	0,13	1,54	455	226[ab]

* gain de poids vif : non corrigé pour les variations éventuelles des quantités ingérées entre le début et la fin de l'essai (poids des contenus digestifs différents. Les résultats suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

** dont 0,06 kg MS de paille longue/100 kg P.V.

A Orcival le remplacement du complément orge + tourteau par un complément ensilage de maïs + tourteau sur la base d'un même apport énergétique, a eu un effet très important, malgré une substitution totale entre la quantité de complément supplémentaire (+ 0,28 kg/100 kg P.V.) et la paille (- 0,30 kg/100 kg P.V.). Dans ces conditions le gain de poids des animaux est passé de 495 à 678 g/jour, soit une augmentation considérable de 183 g/jour.

Nous avons calculé la valeur énergétique des pailles comme précédemment et constaté que la valeur énergétique de la paille distribuée *ad libitum* n'a pas été augmentée par le traitement, ni à Marcenat, ni à Orcival. Cela signifie que le traitement à la soude n'a pas été efficace. Cependant, pour des distributions en quantités limitées, les valeurs énergétiques ont été augmentées de 0,13 UF/kg M.S. à Orcival où les animaux étaient nettement restreints, mais seulement de 0,01 UFL/kg M.S. à Marcenat. On ne peut conclure de façon sure car cette différence peut être expliquée par la présence de lactosérum. Malgré tout, pour les pailles traitées ensilées, l'effet de la restriction de l'ingestion est élevé : en moyenne + 0,12 UFL/kg M.S., ce qui n'est pas négligeable.

Les mêmes calculs conduisent à des résultats surprenants avec les pailles traitées ou non, distribuées avec l'ensilage de maïs à Orcival : leur valeur serait supérieure de 0,24 UF/kg de matière sèche aux mêmes pailles distribuées avec de l'orge. On constate donc une forte amélioration de la valeur nutritive de la paille en remplaçant les céréales dans la ration par un aliment très digestible mais riche en cellulose. On peut dire, à l'inverse, que l'apport de concentré à base de céréales diminue la valeur énergétique potentielle des pailles, malgré le niveau faible de cet apport de céréales (27 % de la ration).

Notons enfin que pour l'ensemble des 4 essais sur génisses, la valeur énergétique estimée des pailles non traitées utilisées a été de 0,45 UFL/kg de matière sèche, ce qui correspond à une bonne valorisation de ces pailles en présence de céréales.

II - Vaches laitières (tableau IV)

A mêmes quantités d'ensilage de maïs + pulpe distribués (8,6 kg de MS), les quantités ingérées de matière sèche de paille traitée à la soude (voie sèche) ont atteint 4,1 kg contre 2,4 kg de paille ordinaire. En l'absence d'ensilage de maïs, la consommation de paille traitée est passée à 6,3 kg/jour sans problèmes sanitaires particuliers.

Notons aussi que le taux de substitution entre la paille traitée et l'ensilage de maïs a été de 0,64.

Les productions de lait brut ont été assez différentes entre les traitements, mais les productions laitières 4 % ne l'ont pas été : écart maximum de 760 g/jour de lait à 4 % de MG (correspondant à 0,33 UFL). Par contre, les taux butyreux ont été assez différents, quoique non significativement. Les taux azotés ont peu varié. Les persistances des productions laitières ont été faibles alors que les gains de poids qui ont été corrigés en fonction de la variation du niveau d'ingestion (PITON, 1975) ont été élevés. Ils ont été relativement différents, quoiqu'encore non significativement à cause, vraisemblablement, du nombre trop faible d'animaux utilisés : écart maximum de 256 g/jour (correspondant à 0,93 UFL).

En définitive, compte tenu de leurs performances, les vaches ont du ingérer + 0,86, + 0,24 et - 0,41 UFL par jour en passant respectivement de la paille longue à la paille traitée *ad libitum*, limitée et *ad libitum* sans ensilage de maïs.

Si nous calculons la valeur énergétique de la paille à partir des performances des animaux et en supposant que la valeur énergétique de l'ensilage de maïs soit de 0,85 UFL et celle de la pulpe de

TABLEAU 4 : RESULTATS SUR VACHES LAITIERES (ORCIVAL ESSAI N° V)

	Paille ordinaire ad libitum	Paille traitée ad libitum	Paille traitée en quantité limitée	Paille traitée ad libitum sans ensilage de maïs
Apport de concentré "Production" au-dessus de X kg de lait :				
- multipares	16,7	16,7	16,7	16,7
- primipares	12,7	12,7	12,7	12,7
Quantité de matière sèche ingérée par vache et par jour :				
- paille (kg)	2,38	4,10	2,33	6,28*
- maïs ensilé	3,41	3,41	3,41	-
- pulpe betterave ensilé	5,12	5,18	5,20	5,23
- tourteau	2,15	2,15	2,15	2,15
- concentré "Production"	1,29	1,33	1,29	1,28
Total M.S./100 kg de P.V. (kg)	$2,41^{a}$	$2,69^{b}$	$2,39^{a}$	$2,44^{ab}$
Production laitière (Kg/jour/vache)				
- lait brut	$18,76^{ab}$	$19,92^{a}$	$19,96^{a}$	$18,22^{b}$
- lait 4 %	$18,00^{a}$	$18,69^{a}$	$18,53^{a}$	$17,93^{a}$
Persistance du lait brut (%) :				
- Période expérimentale seule	$91,1^{a}$	$90,2^{a}$	$89,8^{a}$	$87,4^{a}$
- Durée totale de l'essai	$88,8^{a}$	$89,4^{a}$	$88,7^{a}$	$87,9^{a}$
Taux butyreux (g p.1000)	$38,1^{a}$	$36,4^{a}$	$36,4^{a}$	$37,5^{a}$
Taux azoté (g p.1000)	$33,1^{a}$	$33,7^{a}$	$33,2^{a}$	$33,3^{a}$
Poids vif moyen (kg)	603^{a}	599^{a}	597^{a}	596^{a}
Variation de poids vif (g/jour/vache)	239^{a}	391^{a}	242^{a}	135^{a}

*dont 0,84 de paille ordinaire hachée

Les résultats suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

1,05 UFL, nous trouvons :

- 0,61 UFL/kg MS pour la paille ordinaire
- 0,54 UFL/kg MS pour les pellets de paille *ad libitum*
- 0,63 UFL/kg MS pour les pellets en quantité limitée
- 0,61 UFL/kg MS pour les pellets sans ensilage de maïs.

Nous ne constatons donc un effet bénéfique du traitement de la paille à la soude, que lorsque la paille est distribuée en quantité limitée.

III - **Résultats sur moutons** (tableau V)

1 - Paille traitée par voie sèche

La digestibilité de la matière organique de la paille traitée utilisée à Orcival a été très faible : 46,3 contre 43,3 pour la paille témoin, mais d'origine différente. Ceci est curieux car à Marcenat la digestibilité de cette paille traitée, étudiée dans les mêmes conditions (avec 15 % de tourteau de soja) a été de 50,0, p.100 ce qui indique vraisemblablement que les pailles traitées utilisées à Marcenat et Orcival étaient différentes. L'analyse chimique (en particulier teneur en cendres) le confirme. (tableau II)

La digestibilité de la paille traitée varie cependant beaucoup selon les conditions d'utilisation: de 43,0 p.100 lors d'une distribution à volonté avec 30 % de concentré dans la ration à 58,9 p.100 lors d'une distribution en quantité limitée avec 15 % de tourteau dans la ration. Cela doit induire une différence d'environ 0,20 UFL/kg MS de paille, ce qui est considérable. Pour la paille ordinaire de tels écarts n'existent pas : 5,6 points seulement au maximum (environ 0,07 UFL). L'augmentation de l'apport d'aliment concentré rapproche donc les valeurs des pailles traitées ou non. Cet effet disparaît pratiquement si on limite l'apport de paille traitée.

2 - Paille traitée par voie humide et ensilée

La mesure de valeur alimentaire effectuée à Marcenat indique que la paille ensilée a eu une bonne digestibilité (56 %). Mais cette valeur n'est représentative que de la partie de paille bien imbibée par la solution de soude et non de l'ensemble du silo qui était très hétérogène.

DISCUSSION - CONCLUSION

Au terme de ces essais que pouvons-nous conclure par rapport aux résultats de la bibliographie?

Tout d'abord au niveau de la **digestibilité**, nous avons constaté un effet très variable du traitement de la soude par voie sèche, bien que nous n'ayons pu étudier toutes les pailles avant traitement. Avec 3 à 6 % de soude différents auteurs citent des augmentations de digestibilité de 10 à 14 points de digestibilité en moyenne *in vivo*. Nous n'atteignons pas toujours des chiffres comparables. En effet, 4 facteurs importants doivent intervenir pour faire varier la digestibilité des pailles traitées à la soude :

- digestibilité de la paille avant traitement,
- qualité du traitement; ces deux premiers facteurs pourraient expliquer les différences entre la paille traitée par voie sèche utilisée à Orcival et celle utilisée à Marcenat.
- proportion de concentré dans la ration; dès que celle-ci atteint 30 %, la digestibilité de la

TABLEAU 5 : RESULTATS DES ESSAIS SUR MOUTONS

Essai (Lieu)	Type de paille utilisée		Digestibilité en p. 100			Quantités ingérées de MS ($g/kgP^{0,75}$)	Pourcentage de concentré dans la ration (%)
			Matière sèche	Matière organique	Cellulose brute		
VI* Marcenat	Paille ordinaire	ad libitum	41,3 42,0 38,8	46,6 47,8 43,6	56,6 57,6 50,8	23,6 23,5 26,7	7,5 15 30
		limitée	39,0 43,3 42,2	42,2 45,8 44,8	55,0 59,7 50,1	23,0 21,1 17,9	7,5 15 30
	Paille traitée voie sèche	ad libitum	49,5 51,0 44,4	49,1 50,0 43,0	58,1 57,6 46,3	45,5 61,2 58,8	7,5 15 30
		limitée	53,3 57,5 56,5	56,5 58,9 58,4	66,8 68,5 66,9	40,5 39,4 31,5	7,5 15 30
VII Orcival	Paille traitée voie sèche	Ration totale	51,9	52,1	55,2	54,5	14,7
		Paille seule	45,4	46,3	54,8	46,5	-
VIII Orcival	Paille ordinaire	Ration totale	52,7	55,5	43,5	23,3	25,7
		Paille seule	40,1	43,3	41,7	17,3	-
	Paille ensilée	Ration totale	60,8	60,9	64,8	42,2	13,3
		Paille seule	56,5	56,0	64,6	36,6	-

*Résultats pour la paille seule.

paille traitée diminue notablement et plus vite que celle de la paille non traitée. D'ailleurs AGRAWAL et al. (1976) ont constaté ce même effet avec du tourteau : écart de 6 points entre deux pailles de riz, l'une non traitée et l'autre traitée avec 3 % de soude, distribuées avec 12 % de tourteaux, écart devenant nul avec des quantités de tourteaux plus élevées.

- mode de distribution, à volonté ou limitée; dès qu'on limite l'apport de paille traitée sa digestibilité réaugmente.

Ces résultats nous permettront d'expliquer (en partie) les performances enregistrées sur bovins.

L'effet du traitement à la soude par voie humide a été normal sur la digestibilité de la paille et comparable à ce que nous avons obtenu à Theix (DULPHY, résultats non publiés), bien que nous n'ayons pu réaliser dans les silos un mélange homogène entre la paille et la solution de soude. Notons, à ce sujet, que les machines à traiter la paille (MAM JF, Taarup) devraient être intéressantes car elles réalisent ce mélange homogène.

Les quantités ingérées de paille traitée par voie sèche ont été, pour les bovins, plus élevées que celles de pailles ordinaires, mais on sait d'après la bibliographie que lorsque les pailles traitées sont broyées, c'est simplement le broyage qui augmente les quantités ingérées (25 % en moyenne; BEARDSLEY, 1964).

Pour les pailles traitées par voie humide l'amélioration a été faible ou nulle et due en partie à la présence de lactosérum dans le produit désilé. Ceci est contraire aux résultats de la bibliographie et confirme en partie la faible efficacité du traitement tel que nous l'avons réalisé. D'autre part, il est vraisemblable que les ensilages de paille utilisés étaient rendus peu appétents par leur mauvaise conservation due, à notre avis, à l'emploi d'une dose trop élevée de lactosérum et à l'hétérogénéité du mélange paille + solution de soude.

L'effet des traitements étudiés sur le gain de poids des génisses (+ 50 à 200 g/jour) a été plus faible que ce qui pouvait être prévu à partir de l'amélioration de valeur alimentaire enregistrée sur moutons. En effet, une partie de cette amélioration est due déjà à l'effet du broyage sur les quantités ingérées pour les pailles traitées par voie sèche et à la présence de lactosérum dans les ensilages de paille.

Cependant, lorsqu'on limite les quantités distribuées de paille traitée, on constate malgré tout un léger effet des traitements sur la valeur énergétique des pailles que nous avons étudiées (+ 0,07 UFL). Cette valeur est beaucoup faible que celle donnée par les danois (+ 0,15 à + 0,20 UFL) (KRISTENSEN et al., 1974) et peut confirmer la mauvaise technologie utilisée dans nos essais.

Il est vraisemblable aussi que la présence de 30-40 % de concentré à base de céréales dans la ration pour les génisses ait aussi nettement limité l'effet des traitements à la soude. Cependant, le problème a été le même avec les pailles ordinaires puisque, à Orcival, en remplaçant l'orge par de l'ensilage de maïs, les gains de poids se sont améliorés de 200 g pour les pailles traitées ou non. Il est donc très important d'étudier le type de complémentation à utiliser avec les pailles traitées ou non (ensilages de maïs, de pulpe, d'herbe, etc... à la place des céréales) ou le mode d'apport des céréales (apports fractionnés et incorporation de bicarbonate) permettant de maintenir une bonne activité cellulolytique dans le rumen.

Pour les vaches laitières, les résultats bibliographiques sont rares et indiquent une bonne utilisation des pailles traitées à la soude (voir introduction). Dans nos essais, les résultats obtenus confirment ceux obtenus sur génisses : amélioration des quantités ingérées due vraisemblablement au broyage

de la paille et légère amélioration de la valeur énergétique seulement si on limite les quantités offertes aux animaux. Nous avons pu obtenir des performances correctes avec plus de 5 kg de paille traitée par voie sèche dans la ration, mais dans ce cas le seul broyage aurait peut-être eu le même effet.Il nous semble important de noter en outre, la grande dispersion des quantités ingérées individuelles des vaches, qui dans le lot sans maïs ensilé, avec un niveau d'ingestion moyen de 5,44 kg MS de pellets, ont varié de 3,57 à 9,14 kg MS/vache/jour. KRISTENSEN et ANDERSEN (1973) obtiennent des résultats comparables : quantités ingérées moyennes de 5,7 kg de matière sèche de paille traitée avec 5,5 % de soude avec des valeurs extrêmes allant de 2,6 à 8,4 kg, pour des vaches alimentées dans des conditions similaires.

Sur le plan sanitaire, nous n'avons pas eu de problèmes, ce qui confirme les résultats de la bibliographie. Il reste donc à revoir la technologie de la fabrication des pailles traitées à la soude pour se rapprocher de la technologie danoise (REXEN et al., 1976) et à rechercher la meilleure complémentation à utiliser avec les pailles traitées. C'est ce que nous essaierons de faire durant l'hiver 1977-1978.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

citées dans le texte

AGRAWAL I.S. et al. 1976. in : Improved utilisation of agricultural waste materials and industrial by-products as livestock feed. Research progress report 1975-1976 GB Pant university Pantnagar p. 46.

BEARDSLEY D.W., 1964. J. Anim. Sci. 23, 239-245.

BECKMANN E., 1921. Chem. Abstr. 16 : 765.

BRAMAN et al., 1976. J. Anim. Sci. 42, p. 262 (Abst.).

GREENHALGH et al., 1976. Anim. Prod. 22, p. 159 (Abst.).

JACKSON M.G. 1977. Anim. Feed Sci. and Technology, 2, p. 105-130.

JOUANY J.P., 1975. Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix I.N.R.A., 21, p. 5-15.

KOERS W. et al., 1970. J. Anim. Sci. 31, p. 1030 (Abst.).

KRISTENSEN V.F. et ANDERSEN P.E., 1973. Cité par REXEN F. et al. (1976).

KRISTENSEN V.F. et al., 1974. 25th annual meeting of the european ass. for animal. Prod. Copenhague.

PIATCHAIAH K.V., 1971. MV Thesis, G.B. Pant University. Pantnagar.

REXEN F. et al., 1976. In Feed energy sources for livestock. Editors : Swan H. and Lewis D., Butterworths London, p. 65-82.

WILSON P.N., 1974. In Proceedings of straw utilization conference. Editor : Staniforth A.R. ADAS-MAFF Oxford, p. 19-24.

XANDE A., 1977. Ann. Zoot. (sous presse).

N.B. 32 autres références ont été utilisées. cf note en première page.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 35-45.

LES RACES BOVINES LOCALES DES MILIEUX DIFFICILES

I - EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE, CARACTERISTIQUES QUE LA SELECTION A PU LEUR CONFERER ET QUI JUSTIFIENT LEUR CONSERVATION (1)

J. BOUGLER et P. CHARLET

Institut National Agronomique

La physionomie du cheptel bovin français s'est considérablement modifié au cours des dernières décades : la recherche de niveaux de production toujours plus élevés et la spécialisation du cheptel qui en est la conséquence ont puissamment contribué à assurer la très forte extension de certaines races (la Française Frisonne notamment) en même temps que la régression, voire la disparition de toute une série de races dont les aptitudes correspondaient moins bien à la demande des éleveurs. Ce mouvement de restructuration ne semble d'ailleurs pas achevé ; il n'est pas non plus sans conséquences pour l'avenir dans la mesure où il entraine la disparition de races aux aptitudes ou aux gènes originaux.

C'est pourquoi il est particulièrement intéressant de tenter de faire le point sur cette évolution en vue de préciser les mesures éventuelles qui seraient à prendre pour préserver tout ce qui mérite de l'être.

I - L'EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE DES RACES BOVINES FRANCAISES

Les grandes lignes de l'évolution démographique des races bovines françaises au cours des quarante dernières années peuvent se résumer de la façon suivante :

- extension importante des grandes races laitières de type mixte, et notamment de celles ayant les meilleures performances laitières parmi elles : c'est ainsi que la Française Frisonne a «envahi» à peu près la totalité de notre territoire et que la Montbéliarde a conquis progressivement de nombreuses régions où elle était auparavant peu ou pas implantée,

- stabilité d'ensemble du groupe des grandes races de boucherie, le Charolais et, à moindre degré et de façon plus récente, le Limousin, voyant toutefois leurs effectifs se développer. Il faut toutefois noter que l'influence réelle des races de ce groupe sur la production est considérablement plus importante que ne le laisseraient présumer leurs effectifs en race pure du fait de leur large utilisation en croisement industriel sur les femelles des races laitières et rustiques (2 300 000 veaux croisés naissent environ chaque année en France d'un père d'une de ces races, dont 1 600 000 de père Charolais).

- régression accentuée de toutes les autres races, qu'il s'agisse de races laitières à implantation régionale ou locale ou de races rustiques, anciennement exploitées pour le travail, le lait et la viande.

On peut ainsi, compte tenu de cette évolution, ranger les races bovines françaises en un certain nombre de groupes :

(1) Texte présenté à la Commission des recherches bovines de l'I.N.R.A. le 20 Mai 1976

A. Le groupe des grandes races laitières

1. La Française Frisonne

Française Frisonne	Effectifs (%)	
	têtes	femelles de souche
1932	3,6	
1943	5,2	
1958	14,4	
1963		22,8
1966	25,2	
1967		26,8
1969		30,3
1972		33,1
1973		33,8

_ Cette explosion numérique reflète la pénétration de la Française Frisonne dans toutes les régions laitières françaises, à l'exception du berceau d'élevage de la race Montbéliarde et de la zone élevée des Alpes.

2. La Normande

Normande	Effectifs (%)	
	têtes	femelles de souche
1932	21,6	
1943	18,6	
1958	25,1	
1963		29,3
1966	27,2	
1967		29,5
1969		28,4
1972		26,8
1973		26,2

Cette régression en valeur relative des effectifs de la race Normande, encore à peu près stables en valeur absolue, est la conséquence du remplacement à peu près total des animaux de cette race par des sujets Français Frisons dans les zones d'extension les plus éloignées (Nord, Bassin Parisien, Centre, Sud Ouest) et de la concurrence sévère qui existe entre ces deux races dans la zone périphérique du berceau de la race Normande (Pays de la Loire, Bretagne) et aussi même, à l'heure actuelle, ... au sein de ce berceau d'élevage.

3. Les Françaises Pie Rouges

Il est difficile, sinon impossible, d'analyser la situation des races de ce groupe (Montbéliarde, Pie Rouge de l'Est, Abondance), les Services statistiques du Ministère de l'Agriculture continuant à les considérer comme constituant une seule race !

Au plan global du rameau pie rouge, la situation des effectifs est stable :

Françaises Pie Rouges	Effectifs (%)	
	têtes	femelles de souche
1932	6,6	
1943	6,4	
1958	10,7	
1963		11,1
1966	10,0	
1967		11,2
1969		10,7
1972		10,3
1973		10,0

Cette stabilité, toutefois, n'est qu'apparente car elle résulte d'une très forte extension de la race Montbéliarde (65 % des effectifs du groupe actuellement) en même temps que d'une diminution de la race Pie Rouge de l'Est (20 % des effectifs) et surtout de la race Abondance (15 % des effectifs).

B. Le groupe des races laitières en difficulté

1. **L'Abondance,** race laitière des Alpes, est en effet menacée car elle tend, d'une part, à être remplacée par des races plus laitières dans les zones basses à bonnes potentialités agronomiques et que, d'autre part, l'élevage de vaches laitières traites tend à disparaitre dans les zones hautes.

2. La situation est semblable pour l'autre race de ces zones alpestres difficiles, la **Tarentaise.**

(voir tableau au verso)

Tarentaise	Effectifs		Nbre d'I.A. premières	Nbre d'I.A. pour la race Abondance
	têtes	femelles de souche		
1932	156 000			
1943	150 000			
1953	185 000			
1963		145 000	49 000	127 000
1966	185 000		42 000	116 000
1967		129 000	44 000	114 000
1969		91 000	39 000	101 000
1972		92 000	29 000	70 000
1973		87 000	28 000	68 000
1974			24 000	64 000

Pour la Tarentaise, on pourrait éventuellement faire appel aux cheptels de cette race qui se sont établis en Algérie et en Tunisie.

3. On retrouve une situation tout à fait comparable, bien qu'encore moins alarmante, pour la race **Brune.** Toutefois, pour cette race, l'existence de cheptels importants dans plusieurs pays voisins (R.F.A., Autriche, Suisse, Italie, ...) ne rend pas le problème inquiétant au plan génétique.

Brune	Effectifs		Nbre d'I.A. premières *
	têtes	femelles de souche	
1932	47 000		
1943	88 000		
1958	262 000		
1963		296 000	75 000
1966	315 000		67 000
1967		273 000	52 000
1969		269 000	45 000
1972		244 000	43 000
1973		240 000	37 000
1974			

* Ces chiffres sont, relativement aux effectifs de la race, nettement plus faibles que ceux rencontrés en races Abondance et Tarentaise, un grand nombre de vaches du Sud-Ouest étant inséminées en croisement en vue de la production de veaux de boucherie.

La situation de ces trois races : Abondance, Tarentaise et Brune, est donc particulièrement critique dans la mesure où plusieurs indices font actuellement état d'une accélération de la chute de leurs effectifs.

4. La dernière race laitière en difficulté, mais avec une situation tout à fait particulière, est la **Pie Rouge des Plaines.** En effet, cette race a absorbé tout ce qui restait de l'Armoricaine (491 000 têtes en 1958, 165 000 têtes en 1966) et la population correspondante s'est stabilisée aux environs de 100 000 têtes. L'Armoricaine a donc aujourd'hui disparu en tant que race. Possédait-elle des caractères intéressants ? Ces caractères ont-ils été récupérés dans la nouvelle Pie Rouge des Plaines ? Il est bien difficile de répondre.

C. Le groupe des races laitières en voie de disparition *

On peut ranger dans ce groupe, soit des races déjà pratiquement disparues (Lourdaise, Aure et St Girons, Ferrandaise, Villard de Lans) dont il ne reste guère, au mieux, que quelques centaines de têtes, soit des races aux effectifs dangereusement réduits (Vosgienne, 2 000 têtes, Froment du Léon, 1 000 têtes), soit encore des races dont les effectifs sont aujourd'hui en voie de régression rapide : Flamande, Bretonne Pie Noire, Parthenaise (Tableau I).

TABLEAU I

EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE DES RACES BOVINES EN VOIE DE DISPARITION

	1932	1943	1958	1967	1973	1976	Observations
Lourdaise Aure et St Girons Ferrandaise	147 000	129 000	88 000	50 000			
Villard de Lans	16 000	16 000	7 500	7 500		200	absorption par la Blonde d'Aquitaine
Vosgienne	72 000	40 000	23 000	10 000		2 000	stable
Froment du Léon	25 000	11 000	25 000	2 000		(?) 1 000	absorption par races britanniques
Flamande	500 000	453 000	338 000	210 000	105 000	20 000	
Bretonne Pie Noire	443 000	263 000	423 000	260 000	70 000	10 000	
Parthenaise	728 000	415 000	310 000	110 000	40 000	20 000	

D. Le groupe des races rustiques allaitantes, en difficulté ou en sursis *

On peut ranger dans ce groupe, d'une part, l'Aubrac et la Salers, d'autre part, la Bazadaise et la Gasconne.

1. **L'Aubrac** et la **Salers,** ayant abandonné la traite pour l'une et étant en train de le faire pour l'autre, exploitent aujourd'hui essentiellement leurs qualités d'élevage et d'adaptation au milieu pour la production de veaux et de broutards dont une grande partie sont obtenus en croisement, avec le Charolais notamment. Toutefois, la plus-value de ces veaux croisés fait que le croisement industriel compromet,notamment en race Aubrac, le renouvellement du troupeau des mères. Ainsi, ces deux causes : remplacement par des races laitières et trop grand développement du croisement, conduisent à une réduction générale des effectifs de ces deux races :

* *à noter aussi les effectifs stabilisés à quelques milliers de têtes des races Jersiaise et Bleue du Nord*

* *nous manquons d'informations suffisantes sur la race Corse pour pouvoir la situer.*

Effectifs	Aubrac		Salers	
	têtes	femelles de souche	têtes	femelles de souche
1932	354 000		642 000	
1943	382 000		385 000	
1958	274 000		517 000	
1963		192 000		390 000
1966	250 000		450 000	
1967		186 000		321 000
1969		143 000		296 000
1972		102 000		270 000
1973		100 000		259 000

La situation est surtout défavorable en race Aubrac où un examen de la pyramide des âges des femelles montrerait qu'elle n'assure que le maintien dans les prochaines années d'un effectif maximum de 60 000 vaches.

2. La situation des races **Bazadaise** et **Gasconne,** qui ont subi une forte régression de leurs effectifs au cours des dernières années, reste très précaire, notamment pour la Bazadaise.

Effectifs	Bazadais		Gasconne	
	têtes	femelles de souche	têtes	femelles de souche
1932	46 000		548 000	
1943	61 000		405 000	
1958	40 000		423 000	
1963				187 000
1966	15 000		205 000	
1967				109 000
1969				99 000
1972				59 000
1973		< 10 000		51 000

E. Le groupe des races à viande

La situation démographique des races à viande est actuellement très favorable pour le Charolais, favorable pour le Limousin, satisfaisante pour le Blond d'Aquitaine et le Maine Anjou.

%	Charolais		Limousin		Blond d'Aquitaine		Maine Anjou	
	têtes	femelles de souche	têtes	femelles de souche	têtes	femelles de souche	têtes	femelles de souche
1932	10,0		5,1		4,2		4,1	
1943	8,8		4,2		4,0		3,3	
1958	8,8		3,4		2,3		2,5	
1963		6,5				0,9		2,0
1966					1,2		2,0	
1967		7,4		2,8		0		1,5
1969		8,1		2,7		1,0		1,6
1972		8,8		3,1		1,0		1,4
1973		9,2		3,1		1,0		1,4
effectif femelles de souche 1973	1 537 000		519 000		164 000		246 000	

II - LES RACES BOVINES DES ZONES DIFFICILES

L'inventaire qui vient d'être fait montre que la plupart des races bovines en difficulté se situent dans des zones agricoles dites «difficiles». En effet, dans ces régions, l'agriculture a, depuis une quarantaine d'années, pris deux orientations tout à fait divergentes :

- dans les secteurs favorisés où des améliorations agricoles étaient possibles, l'intensification des productions a conduit à l'abondan des races locales, à aptitudes multiples mais à potentialités modestes, au profit d'un outil animal plus productif, c'est-à-dire d'une des grandes races nationales. Cela a souvent été le cas des bassins ou des basses vallées de montagne qui, a l'origine, étaient peuplées des mêmes races que l'ensemble des régions avoisinantes. On peut ainsi citer le cas des limagnes, des basses vallées des Alpes (Isère, Durance) ou des Pyrénées (Ariège, Garonne, Adour), dans lesquelles des zones de production laitière se sont créées avec la Brune d'abord, puis avec la Frisonne et la Montbéliarde.

- dans d'autres cas, l'intensification n'étant pas ou plus possible, un changement d'orientation a provoqué le recul de la population agricole active, et donc des bovins.

A. Les régions difficiles

Ainsi, très souvent, les races en difficulté sont situées dans des régions caractérisées comme difficiles parce que ne permettant pas une intensification de la production agricole. Or, après la période de la «croisade» pour l'intensification à tout prix, on s'aperçoit que, comme dans d'autres pays agricoles et non des moins développés (U.S.A., Angleterre), ces zones ont un rôle à jouer dans notre production nationale grâce à une extensification aussi rationnelle que peut l'être une intensification. En effet, dans ces régions,

- l'élevage semble être le seul moyen de conserver une activité agricole minimale capable d'assurer le maintien d'une petite population agricole et d'éviter la désertification.

- la production correspondante peut correspondre à des productions non excédentaires et par ailleurs difficiles à réaliser en zone intensifiée (animaux maigres).

- il faut toutefois étudier et mettte au point, pour rendre ces productions possibles, des solutions techniques différentes selon le degré de «difficulté» de chaque région : choix du matériel animal, moyens d'amélioration du système de production, prise en considération de l'interaction génotype-milieu,...

Une telle politique semble d'autant plus prometteuse qu'une tendance se fait jour pour le soutien de ces régions au travers de leurs produits, par le jeu d'un système voisin des deficiency-paiements.

Les zones difficiles françaises sont cependant de types assez divers, comme sont aussi très différentes les races originaires de chacune d'elles.

B. La montagne

Elle peut être répartie en deux types :

- d'une part, la **montagne moyenne,** Massif Central, avant-monts alpins et pyrénéens, Jura,... dans laquelle il est possible d'améliorer les techniques culturales, surtout en matière de production fourragère, le relief n'étant pas trop accusé.

- d'autre part, la **haute montagne,** surtout alpine et pyrénéenne où les améliorations fourragères sont difficiles en raison du relief et où l'élevage bovin régresse à grands pas.

On aurait d'ailleurs pu parler de montagnes difficiles et très difficiles car, à part quelques cas, difficultés et altitude coïncident. Quoiqu'il en soit, on peut dégager les caractères communs de ce milieu.

Le climat, tout d'abord, comporte des variations saisonnières et journalières très accusées, les secondes portant surtout sur la température. Les premières impliquent la nécessité d'un long hivernage, d'où le besoin de récoltes fourragères que le relief rend parfois difficiles (fenaison et pluies d'orage en été, transports pondéreux d'ensilage, ...). Par ailleurs, le relief est en général responsable de la nécessité de faire pâturer en été des zones éloignées de l'exploitation : c'est le problème de «l'estive», avec les divers types de transhumance qui tous impliquent des déplacements des animaux (qui doivent être aptes à de longues marches) et des hommes (lesquels ne retrouvent ainsi pas à tous les étages leur confort habituel en même temps qu'ils se heurtent à l'impossibilité de participer à la fois à l'élevage en montagne et aux récoltes fourragères en vallée, d'où la mise au point de méthodes simplifiées de gardiennage ou de cloture). Enfin, les variations journalières très importantes dues aux alternances de soleil et d'ombre, aux vents d'altitude,... mettent à rude épreuve les animaux et les plantes dont ils se nourrisent. On pourrait aussi mentionner l'effet du relief sur le coût des transports des produits achetés : aliments, paille, engrais... ou vendus, lait ou fromage.

a) la production laitière et les races concernées

En **montagne moyenne,** des améliorations fourragères sont, comme nous l'avons vu, possibles si bien que l'on peut entretenir des vaches à bon rendement. Il faut toutefois se rappeler qu'à la servitude de la traite déjà très importante s'ajoutent l'inconfort et l'isolement liés à la vie de transhumance (chalet alpin, coueyla pyréneen, buron du Massif Central), d'où les nombreux abandons de la production laitière, les surfaces rendues disponibles étant alors regagnées par les vaches allaitantes, les moutons, ou la friche. Toutefois, malgré l'hivernage, certaines parties de ces zones se prêtent très bien à une certaine intensification :

- ainsi, dans les Pyrénées, la Brune a remplacé la Lourdaise (Lavedan) et l'Aure et Saint-Girons (Bigorre, Aure, Luchonnais, Ariège) ; une deuxième étape est en cours avec substitution de la Française Frisonne et nouvelle réduction, non plus des zones laitières, mais du nombre d'exploitations spécialisées.

- dans les Alpes vertes, la Montbéliarde d'abord, puis la Frisonne et même la Holstein font reculer l'Abondance qui cependant se maintient encore dans certaines zones vraiment montagneuses où un fromage typique (le reblochon) valorise bien le lait.

- dans le Massif Central, la traite des troupeaux d'estive a disparu (Aubrac) ou est en net recul (Salers), d'où un changement d'orientation de la production (production de broutards croisés).

- dans les Vosges, l'arrêt de la transhumance laitière risque d'entraîner la disparition de la Vosgienne, d'autant qu'il existe de l'autre côté du Rhin, en Fôret Noire, une population pie rouge de taille différente qui s'adapte aussi bien et satisfait aux contraintes des différentes zones.

Ainsi l'évolution des zones laitières de montagne a entraîné la disparition de la Villard-de-Lans, de l'Aure et Saint-Girons, de la Lourdaise, et menace la Vosgienne, l'Abondance et même en France la Brune.

On peut toutefois signaler que beaucoup de génisses de races améliorées utilisées dans les zones favorables sont aptes à profiter des bonnes estives.

En **haute montagne** laitière, la transhumance est de règle et les parties améliorables qui doivent assurer le long hivernage, déjà très réduites, sont en cours de régression car étant souvent acquises par le tourisme. Le prix de revient élevé du lait d'hiver, les petites structures, le coût élevé du foncier, les possibilités d'emploi du tourisme d'été ou de neige, favorisent ainsi l'abondan de la production laitière, malgré le débouché local mais temporaire qui existe pour les produits (fêtes, week-end). Pour le lait d'été, les estives hautes et accidentées limitent les rendements, d'où l'incidence encore accrue dela traite dans des conditions difficiles sur les faibles rendements. Par ailleurs, les frais de ramassage (comme de contrôle laitier) sont souvent prohibitifs, ce qui ne fait qu'accélérer l'abandon.

Ces conditions, caractéristiques de la Savoie, posent le problème du devenir de la Tarine qui est cependant demandée par les acheteurs étrangers comme la plus rustique des laitières mais dont les troupeaux soumis à la traite diminuent de façon inquiétante en France.

Les caractéristiques des races laitières de montagne

L'adaptation à ce type d'exploitation implique des caractères de rusticité :

régulation thermique (Pie Rouge, Brune, ...)
résistance au vent
excellente aptitude à la marche avec des onglons d'excellente qualité
aptitude à constituer et à mobiliser des réserves, à faire « l'accordéon » entre l'hiver et l'été

De plus, très souvent, en raison du débouché viande des mâles, on avait sélectionné un dimorphisme sexuel accusé, d'où l'intérêt des taurillons des races Tarine, Salers, Abondance et Montbéliarde.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 47-51.

LES RACES BOVINES LOCALES DES MILIEUX DIFFICILES

II - SITUATION, INTERET ET CONSERVATION

Commission des recherches bovines de l'INRA (1)

Ce problème se situe au carrefour de deux catégories de préoccupations liées respectivement à la conservation des races bovines «en péril» et à l'utilisation des zones difficiles de notre pays.

Les premières ont été évoquées lors de la Journée d'études de la Société d'Ethnozootechnie sur les **races domestiques en péril** (2). **De nombreuses races bovines autochtones de notre pays ont connu une régression plus ou moins rapide** en raison de l'accroissement inexorable de la productivité des élevages bovins. Une demi douzaine d'entre elles ont pratiquement disparu depuis le début du siècle ; parmi les autres J. BOUGLER et P. CHARLET distinguent :

- les races laitières en difficulté : Abondance, Tarentaise, Brune,
- les races laitières à peu près disparues : Villard de Lans, Vosgienne, Froment du Leon ou en voie de disparition : Flamande, Bretonne pie noire, Parthenaise,
- les races rustiques en difficulté : Aubrac et Salers, ou en sursis : Bazadaise et Gasconne.

Il s'agit de savoir quelles sont celles de ces races qui doivent être conservées, en raison de leurs qualités pour maintenir la variabilité génétique, puis de définir les moyens à mettre en oeuvre pour y parvenir.

L'élevage bovin a régressé, ou est menacé, dans tous les **milieux naturels qui lui sont défavorables** par leur sol, leur relief, leur climat, la présence de parasites, la compétition de la forêt avec les fourrages... Ces facteurs peuvent agir sur la santé et la productivité des animaux soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire de la production fourragère :

- dans les régions montagneuses,
- dans les régions de climat méditerranéen : production fourragère restreinte dans le temps et aléatoire,
- dans les zones côtières (marais) : vents, mouches, parasites...
- dans les zones de sols très pauvres : Landes, Landes bretonnes.

Dans ces milieux, la régression, ou les modifications, de l'élevage bovin vont de pair avec une diminution de la population rurale, conduisant parfois à une véritable désertification. On a beaucoup mieux pris conscience de ces problèmes au cours des dernières années tant au plan socio-économique et politique (aides...), qu'au plan biologique : étude des écosystèmes prairiaux ou sylvopastoraux aidée par la DGRST ; projets de l'UNESCO (MAB) et de la FAO.

En définitive les races concernées par cet exposé sont essentiellement celles des zones montagneuses (Abondance, Tarine, Aubrac, Salers, Vosgienne, auxquelles on peut rattacher la Gasconne) ainsi que la Bazadaise et la Bretonne pie noire.

(1) Conclusions de la Commission des Recherches bovines de l'INRA qui a examiné ces problèmes le 21 Mai 1976 à partir d'exposés présentés par J. BOUGLER et P. CHARLET (INA), G. LIENARD (INRA), L. GUIMET et J. DIXMERIAS (CTGREF), B. BIBE (INRA), P. CHEVALET (INRA) et F. DUMESNIL DU BUISSON (INRA). Texte rédigé par R. JARRIGE.

(2) Bulletin technique n° 20 du Département de Génétique animale.

INTERET DES RACES LOCALES DANS LES MILIEUX DIFFICILES

Afin de situer correctement l'intérêt de chacune des races locales, il faut connaître :

- leur capacité de production dans leur milieu et dans d'autres milieux, pour la production laitière, l'exploitation en vaches allaitantes et la production de viande,

- et cela, en comparaison avec d'autres races, plus particulièrement les races améliorées pour la production de lait (Pie noire - Montbéliarde...) ou de viande (Charolaise...).

Quelles sont actuellement nos connaissances pour chacune des races locales, tout au moins pour celles qui ont encore un effectif important ?

La **capacité de production laitière** de ces différentes races est bien connue grâce aux résultats du Contrôle laitier. Pratiquement toutes ont été traditionnellement exploitées pour cette production, à titre de spéculation principale ou en plus de l'allaitement du veau de boucherie (sans oublier le travail). La raison majeure de leur régression a été leur infériorité par rapport aux races spécialisées lorsque le régime alimentaire était amélioré, grâce à une meilleure exploitation des prairies et à l'apport de concentrés pendant la période hivernale.

Cette infériorité est apparue clairement dans la pratique pour des races telles que l'Aubrac, la Salers, ...; elle a été confirmée dans ce dernier cas par une comparaison réalisée au domaine INRA de Marcenat (1). Les races alpines, Abondance, Tarine et Brune, ont un potentiel laitier plus élevé que celles du Massif Central et du Sud Ouest. Elles reculent devant la Montbéliarde dans les zones périphériques, surtout lorsque la production fourragère est améliorée. Elles se maintiennent dans les hautes vallées en raison de leur meilleure adaptation au pâturage de terrains accidentés et aux variations brutales des conditions météorologiques ... (de laquelle découle sans doute la facilité d'adaptation aux conditions méditerranéennes ou semi arides). Il serait certainement intéressant de comparer leur productivité économique à celle des races améliorées dans ces conditions difficiles et d'analyser de façon précise leurs caractères d'adaptation.

Les vaches des races du Massif Central et du Sud-Ouest étaient traditionnellement utilisées comme **nourrices** pour allaiter des veaux de boucherie dans l'aire de la race ou à sa périphérie. Des comparaisons entre ces races ont été faites, en croisement, par les Généticiens de l'INRA (2) en liaison avec les CIA et les organismes d'élevage du S-O; elles montrent que les veaux issus du croisement industriel avec des taureaux de races à viande ont une croissance et un développement musculaire plus élevés que ceux de race pure. Cette supériorité varie dans le même sens que l'écart existant entre le format et la musculature des races concernées par le croisement. Sa manifestation est permise par les bonnes aptitudes maternelles de ces vaches, que ce soit au niveau de l'aptitude au vêlage ou à la production laitière.

Depuis une dizaine d'années une proportion croissante des vaches de ces races rustiques a été exploitée pour **l'allaitement des broûtards,** à la suite de l'abandon de la traite (Aveyron, Cantal ...) ou de la production de veau de boucherie au pis (Ariège ...). On connaît bien désormais les potentialités des Aubrac, Gasconnes et Salers, ainsi que de certains de leurs produits de croisement, comme nourrices grâce aux travaux de l'INRA (dans ses domaines ou en liaison avec les organismes d'élevage) et de l'ITEB. Certaines comparaisons ont été effectuées; ainsi dans les conditions sévères du ranch ITEB-INRA (hivernage en plein air dans des parcs en demi-montagne et estive en altitude), l'Aubrac et la Salers ont eu des performances (productivité numérique - état sanitaire ...) supérieures aux races à viande spécialisées (Charolaise et Limousine), ainsi qu'à la Tâchetée de l'Est. Cette expérimentation se poursuit dans un milieu plus favorable pour la période d'octobre à mai (Allier) et plus proche des conditions d'exploitation des races à viande. De même, dans les conditions encore plus extensives de la Sardaigne, les races locales ont eu des performances de reproduction supérieures aux types génétiques améliorés.

(1) Cf Bulletin technique du CRZV de Theix n° 13.
(2) Cf Bulletin du Département de Génétique animale n° 12.

Les races locales du Massif Central et du Sud-Ouest sont donc très intéressantes comme nourrices à broûtards, tout au moins dans leur zone d'origine. La preuve reste à faire pour les races des Alpes (ainsi que la Bretonne Pie noire) mais leur capacité de production laitière peut s'avérer trop élevée, au détriment de la reproduction et de la reconstitution des réserves corporelles au pâturage.

Quelle place peuvent occuper les races locales **hors de leur milieu d'origine ?** Dans les milieux plus favorables, elles risquent d'être surpassées par les races à viande spécialisées et par leurs propres filles issues du croisement avec des taureaux à viande. Les femelles croisées bénéficient de l'hétérosis quant à la santé et aux paramètres de reproduction et elles donnent naissance à des veaux de conformation améliorée; cela a été montré dans les travaux INRA-MIDATEST (1) et dans les enquêtes en ferme de l'ITEB. Malheureusement, l'exploitation des avantages des femelles croisées pose des problèmes d'organisation et de protection sanitaire qui ne sont généralement pas résolus.

Les races rustiques sont à priori les mieux placées pour créer des troupeaux allaitants dans d'autres zones difficiles, afin de remplacer l'élevage laitier ou d'utiliser des ressources fourragères qui le seraient peu ou mal : zones méditerranéennes avec ou sans transhumance, marais de l'Ouest, zones peu exploitables en toute région, forêt claire ... Cependant la mise en place d'un tel élevage à viande extensif reste pour l'instant très limitée pour diverses raisons : investissement élevé eu égard à une faible productivité, surfaces insuffisantes pour un élevage réellement extensif, concurrence du mouton ou d'autres espèces... Si elle devenait possible, les comparaisons entre races seraient nécessaires pour déterminer la mieux adaptée à chaque type de milieu.

SELECTION ET CONSERVATION DES RACES LOCALES

Sélection

A l'exception pour l'instant des races alpines, l'avenir des races locales est dans la fourniture de vaches nourrices pour les milieux difficiles. Or jusqu'à ce changement d'utilisation, elles avaient été sélectionnées de façon à conserver un bon équilibre entre qualités d'élevage (fertilité, santé, longévité...), production laitière, format et conformation, aptitude au travail... Tout se passe comme si cet équilibre correspondait relativement bien aux qualités requises de nourrices à broûtards dans les milieux difficiles.

Le problème est d'abord de conserver cet équilibre puis d'améliorer si possible les critères de la productivité numérique, laquelle est le facteur primordial de la rentabilité des troupeaux allaitants. Cela n'est pas facile parce que :

- ces qualités d'élevage ne peuvent être mises en évidence qu'à l'issue de plusieurs lactations,

- le taux de croisement industriel atteint souvent le maximum compatible avec le renouvellement du troupeau (60 %) quand il ne le dépasse pas,

- la reproduction s'effectue essentiellement en monte naturelle, l'I.A. devant surtout intervenir pour l'amélioration génétique.

Pour avoir une chance de mettre en place une sélection efficace et durable, il faut en préciser correctement, et en limiter, les objectifs puis élaborer des programmes simples et compatibles avec les moyens et les systèmes d'élevage locaux. L'objectif minimum est d'avoir des taureaux qui transmettent les qualités de leurs mères. Les systèmes lourds en investissement et personnel qui seraient entièrement tributaires de l'aide de l'Etat, doivent être évités. Choisir les mères à taureaux parmi les

(1) Cf BIBE et al, 1976. Ann. Génét. Sel. Anim. 8, 233-264.

vaches âgées (plus de 8-10 veaux), rénover les concours en s'inspirant de ce qui a été fait pour les Ovins, utiliser les possibilités de contrôle dans les élevages et les ateliers d'engraissement, déceler les meilleurs taureaux en vue d'accouplements raisonnés par l'intermédiaire de l'I.A. ... forment l'ossature d'un programme de sélection adapté. Il pose des problèmes originaux, tels que le régime alimentaire (à base de fourrages) et les conditions de stabulation à appliquer aux taurillons en contrôle de performances ...

Un tel programme est actuellement discuté pour la Salers par un groupe de travail à partir des propositions préparées par F. MENISSIER.

Conservation

Le problème de la conservation se pose pour les races en voie d'extinction dont les effectifs ne sont plus actuellement que de quelques centaines ou milliers de têtes : Villard de Lans, Vosgienne, Froment du Leon, Armoricaine et, dans un proche avenir, Bretonne pie noire, Flamande, Parthenaise, Bazadaise ... Elles présentent toutes, à des degrés divers et de façon plus ou moins bien connue, des caractères originaux qui vont disparaître (1) si on ne prend pas les moyens de les conserver.

Conservation d'un effectif minimum d'animaux

Avec quelques centaines d'animaux, il est théoriquement possible de conserver la variabilité génétique d'une population sans accroître le taux de consanguinuité de plus de 1 % par génération (J. BOUGLER et C. CHEVALET). Il faut pour cela constituer au moins une dizaine de familles et appliquer un plan d'accouplement rigoureux, avec échanges des mâles entre les familles, Le nombre minimum d'animaux serait de 300 à 400 s'ils étaient en un troupeau unique; il est plus élevé avec des élevages isolés, surtout s'ils n'utilisent pas l'I.A. Le nombre de mâles disponibles à chaque génération est l'élément principal du maintien de la variabilité génétique. Un tel plan de conservation a été mis en place pour la race ovine Solognote, et pour la Bretonne pie noire et est envisagé pour les races Villard de Lans, Vosgienne et Flamande.

Différentes possibilités peuvent être utilisées simultanément pour le mettre en place, et sans attendre que les effectifs soient tombés au niveau minimum :

- le maintien chez les éleveurs traditionnels qui ne souhaitent pas changer de race s'ils reçoivent une aide compensatrice; mais ils sont généralement assez âgés et peu ouverts à des contraintes dans le choix des mâles;

- l'incorporation des animaux dans des troupeaux allaitants commerciaux (à broûtards ou à veaux de boucherie), si nécessaire avec des primes de conservation ou d'expérimentation ;

- la mise en place de troupeaux de sauvegarde dans tous les lieux possibles : établissement d'enseignement, sociétés d'aménagement, fondations, parcs régionaux ou nationaux ...

Un programme d'accouplement doit être élaboré au préalable dans chacun des cas. Les bases en ont été définies dans un document récent UNLG-INRA rédigé par A. MALAFOSSE.

Conservation des oeufs et des embryons

On sait, depuis une dizaine d'années, transférer directement des oeufs fécondés d'une vache donneuse à une vache receveuse située rigoureusement au même stade du cycle oestrien. Diverses techniques ont été utilisées : ainsi, à Jouy-en-Josas, l'oeuf (blastocyte de 7-8 jours) inclus dans une

(1) Ont déjà disparu sans laisser de trace la Bordelaise, La lourdaise, l'Aure et Saint Girons, la Mezine, la Ferrandaise,....

paillette d'insémination, est placé à la base des cornes utérines à l'aide d'un pistolet Cassou; une moitié des vaches receveuses deviennent ainsi gestantes (DUMESNIL DU BUISSON et al.).

Ces méthodes de transfert peuvent permettre de conserver les races en voie de disparition, si on est mesure de congeler les oeufs dans l'azote liquide (- 196°) avec un taux de survie satisfaisant.

A la suite du premier succès obtenu chez la souris (WITTINGHAM 1971), on est arrivé chez cette espèce à un taux de 20 à 50 % (selon les souches) de jeunes obtenus après transfert par rapport au nombre d'oeufs congelés. Des résultats du même ordre ont été obtenus à partir de 1975 chez la Ratte, la Lapine et la Brebis. Chez la Vache, après des essais pratiquement infructueux jusqu'à 1975, deux équipes ont simultanément obtenu des taux de survie de 15 à 20 % (WILLADSEN, POLGE et ROWSON à Cambridge, BILTON et MOOR en Australie).

Il s'agit de ne pas léser les structures cellulaires, les membranes plus particulièrement, au cours de la congélation et aussi de la décongélation. Les conditions de ces deux opérations doivent être rigoureusement définies. L'utilisation d'un cryoprotecteur (DMSO, diméthyl-sulfoxide) a permis les premières réussites.

Elles sont cependant trop récentes pour que l'on soit assuré du maintien en survie après plusieurs années de conservation, mais les résultats obtenus sur l'oeuf de Souris sont encourageants.

S'il en était ainsi, il resterait à obtenir un grand nombre d'oeufs à partir d'une même vache, la technique actuelle de superovulation avec PMSG donnant de 0 à 40 oeufs, avec une moyenne de 12. La production d'oeufs pour culture *in vitro* de follicules d'ovaire de veau pourrait être la voie de l'avenir.

La conservation du sperme est, elle, parfaitement maîtrisée et de très longue durée. Elle offre la possibilité de "retrouver" à peu près les animaux de la race disparue en un petit nombre de générations d'absorption. Elle devrait être utilisée, en même temps que la conservation d'animaux vivants, pour toutes les races en voie d'extinction.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 53-62.

LES TETANIES ET AUTRES TROUBLES LIES AUX DEFICITSMAGNESIQUES CHEZ LES RUMINANTS

Y. RAYSSIGUIER et P. LARVOR

Laboratoire des Maladies Métaboliques

Le déficit magnésique chez les Ruminants a été pendant longtemps assimilé au problème de la tétanie d'herbage, maladie des vaches laitières à la mise à l'herbe et à celui de la tétanie des veaux préruminants nourris au lait pendant une période prolongée. Les conséquences du déficit magnésique ne sont pas toujours aussi spectaculaires mais peuvent avoir une importance non négligeable. En effet, le magnésium participe à la plupart des voies métaboliques de l'organisme et le déficit même modéré en cet élément peut être suivi d'une baisse des productions et de troubles pathologiques variés. Actuellement, l'intensité et la fréquence de la carence s'accroît avec l'intensification de l'élevage.

I - ORIGINE DU DEFICIT MAGNESIQUE

Le déficit en magnésium peut être lié à une insuffisance d'apport de celui-ci dans la ration, à sa mauvaise digestibilité, à des besoins de production importants et à des troubles du métabolisme. Les Ruminants sont particulièrement sensibles au déficit magnésique.

Teneur de la ration en magnésium

En général, la teneur en magnésium des rations des Ruminants est considérée comme suffisante (les graminées contiennent de 1 à 2 g de Mg par kg de matière sèche et les légumineuses sont encore plus riches). Cependant, dans certaines conditions (tenant en particulier à la nature du sol), la teneur des herbages peut être inférieure à 1 g de Mg/kg M.S. Une récente enquête effectuée en Ecosse montre une teneur moyenne des foins de 0,93 g/kg MS; des chiffres comparables sont parfois retrouvés en France. Il faut également rappeler la pauvreté de l'ensilage de maïs en minéraux et en particulier en magnésium (teneur souvent très inférieure à 1,5 g/kg MS). Chez le jeune veau, la teneur du lait en Mg (120 à 140 mg/l) est insuffisante pour assurer l'équilibre nutritionnel en cas d'alimentation lactée exclusive et prolongée.

Digestibilité du magnésium

La digestibilité réelle des macroéléments comme le calcium et le phosphore est connue avec précision. En raison des difficultés techniques de la mesure des pertes digestives (pertes fécales endogènes), il y a peu de données concernant la digestibilité réelle du magnésium alimentaire et, en ce qui concerne cet élément, on parle surtout de digestibilité apparente. Celle-ci dépend surtout de l'âge de l'animal.

plasmatique qui ne semble pas uniquement liée à l'absence ou à l'insuffisance d'apport de Mg alimentaire. Nous avons, par exemple, observé une baisse importante du Mg chez les brebis sous-nutries en fin de gestation. L'hypomagnésémie était la plus forte chez les brebis porteuses de plusieurs agneaux et s'accompagnait d'une élévation des acides gras libres et des corps cétoniques dans le sang. De la même façon, un lot de vaches sous nutries présentaient en fin de période hivernale, une hypomagnésémie significative par rapport à un lot témoin.

Exposition au froid : elle est suivie d'hypomagnésémie (problèmes sur les animaux dehors toute l'année ou sur les animaux passant brutalement au printemps de l'étable au pâturage nuit et jour quand la température est encore assez basse et surtout lorsqu'ils sont exposés à la pluie et au vent).

Toutes ces situations ont en commun le fait d'entraîner une mobilisation des réserves adipeuses de l'animal (lipolyse). Il est possible que le Mg soit capté par la membrane de la cellule adipeuse et que ce soit une étape indispensable à la lipolyse.

Si l'on inhibe provisoirement la lipolyse par un moyen pharmacologique, on empêche la baisse du Mg plasmatique consécutive au stress adrénergique, au froid ou à la mise à jeun. (Fig. 1 et 2)

II - PATHOLOGIE ASSOCIEE AU DEFICIT MAGNESIQUE

Nous étudierons successivement les diverses formes de tétanie puis d'autres troubles pathologiques liés au magnésium.

Tétanies hypomagnésémiques

Les diverses formes de convulsions ou paralysie qu'on appelle des tétanies peuvent être déclenchées par des causes multiples. Nous nous limiterons à la tétanie due au déficit magnésique.

La tétanie est une maladie des Ruminants (Bovins, ovins et caprins). Chez les Bovins, classiquement, cette maladie affecte en France les vaches laitières au printemps ou en automne pâturant une herbe jeune. Elle peut aussi se manifester sur des animaux à viande maintenus l'hiver dehors avec peu de fourrage et dans des conditions climatiques difficiles. Il peut exister certaines formes de tétanies plus ou moins apparentées à la forme classique de la tétanie hypomagnésémique : par exemple les accidents liés à la consommation de colza et la tétanie des animaux pâturant en hiver des céréales vertes et, en particulier, le blé vert. Certains troubles ont été apparentés à tort à la tétanie hypomagnésémique (intoxication par l'urée ou les nitrates). Chez les ovins, la tétanie par déficit magnésique existe également surtout lors de pâturage de printemps mais aussi dans les cas d'alimentation insuffisante en hiver lors de conditions climatiques difficiles. L'incidence la plus forte existe chez la brebis allaitant plusieurs agneaux et chez les animaux les plus âgés. Enfin, chez les bovins et les ovins, l'hypomagnésémie intervient dans les problèmes de tétanie de transport. Chez les jeunes, la tétanie peut survenir en cas d'alimentation lactée prolongée.

- Tétanie d'herbage

Classiquement la tétanie d'herbage est une maladie sévissant chez les vaches laitières au printemps, dans les départements du Nord de la France. La consommation d'herbe jeune entraîne des troubles neuromusculaires avec tétanisation intense et parfois mort de l'animal. Par rapport à la situation d'il y a 10 à 20 ans, la maladie se caractérise actuellement par une augmentation de sa fréquence, une extension de son aire géographique et par une diminution de la gravité liée à l'amélioration du niveau de connaissances des éleveurs qui surveillent beaucoup mieux l'apparition des tous

FIGURE 1 : EFFET CHEZ LA BREBIS DE LA PERFUSION D'ADRENALINE ASSOCIEE OU NON A UNE ANTILIPOLYTIQUE (NICOTINATE DE Na).
(CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE DE 3 À 9 ANIMAUX ± ERREUR TYPE). (RAYSSIGUIER, 1977)

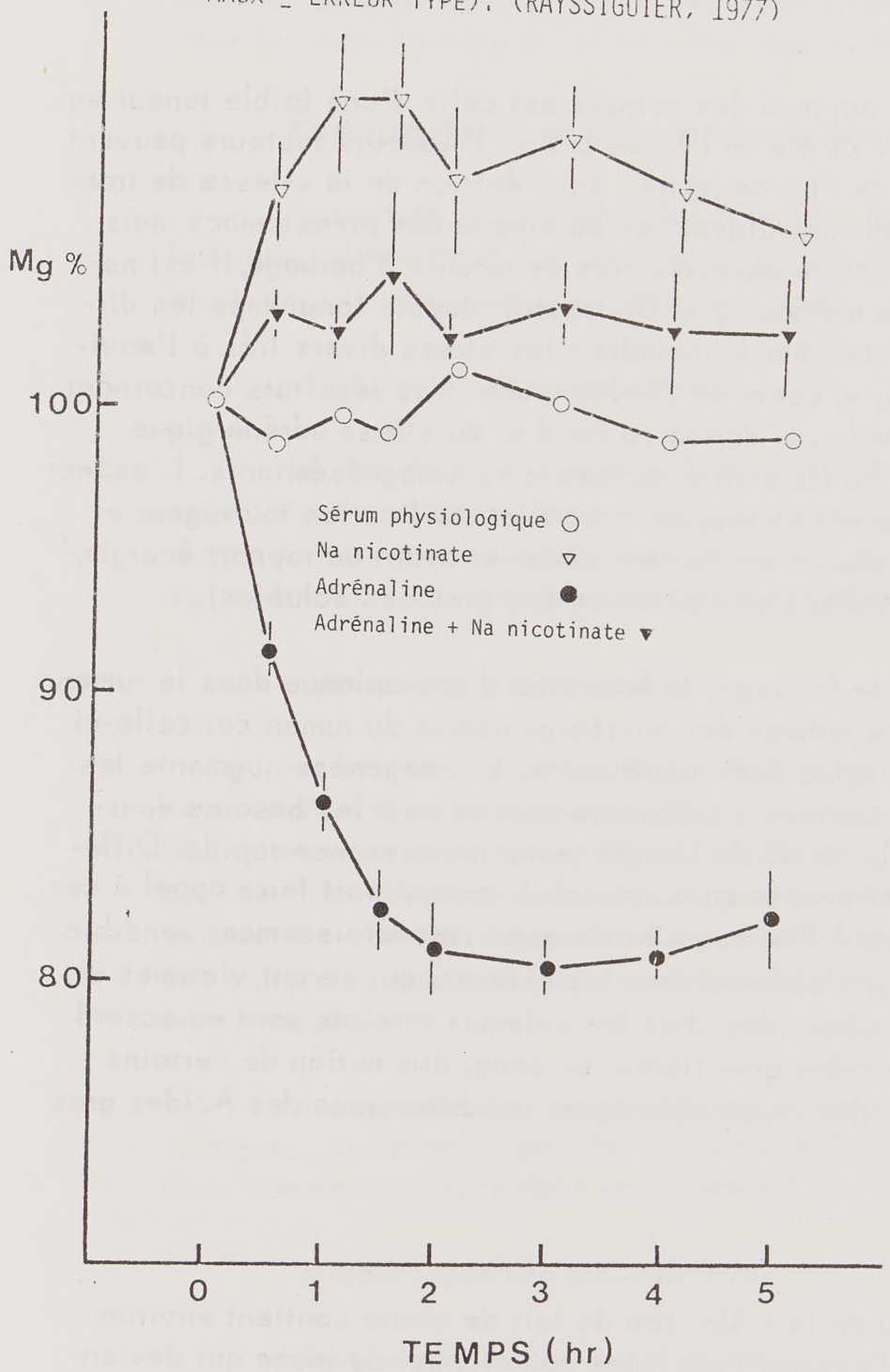
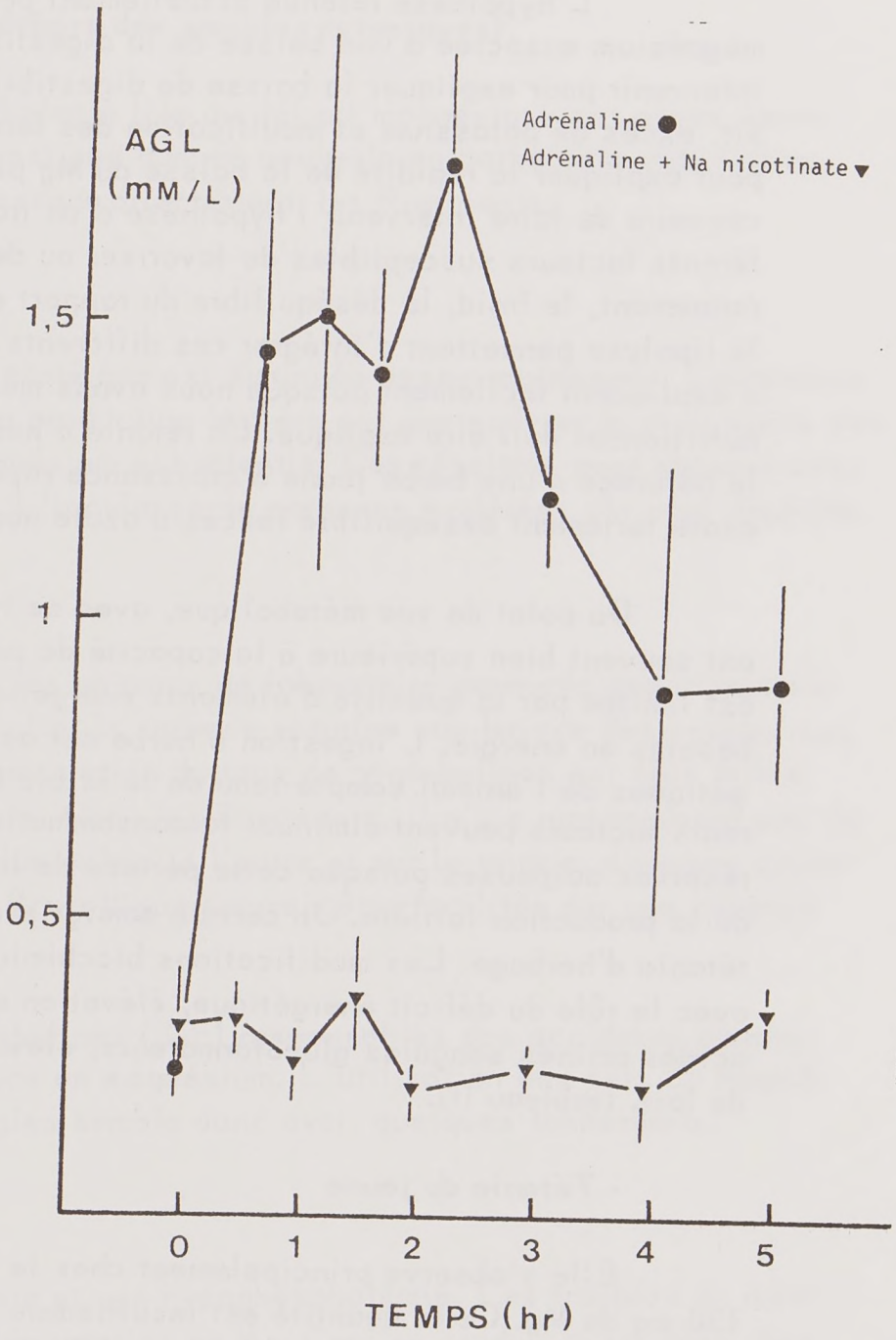


FIGURE 2 : EFFET SUR LES ACIDES GRAS LIBRES DE LA PERFUSION D'ADRENALINE ASSOCIEE OU NON A UN ANTILIPOLYTIQUE (VOIR FIGURE 1).
(RAYSSIGUIER, 1977)



premiers symptômes. La tétanie demeure cependant particulièrement redoutée en raison de la mortalité brutale qu'elle est susceptible d'entraîner et du préjudice économique. Du point de vue biochimique, la maladie se caractérise par une baisse rapide du Mg sanguin qui, en modifiant l'excitabilité neuro-musculaire, est à l'origine des symptômes observés. Les raisons de la modification de l'activité neuro-musculaire ne sont pas entièrement élucidées.

ORIGINE DE LA TETANIE D'HERBAGE

L'hypothèse retenue actuellement par la majorité des auteurs est celle d'une faible teneur en magnésium associée à une baisse de la digestibilité du Mg de l'herbe jeune. Plusieurs facteurs peuvent intervenir pour expliquer la baisse de digestibilité de l'herbe jeune : accélération de la vitesse de transit, excès de potassium et modification des fermentations digestives au niveau des préestomacs mais, pour expliquer la rapidité de la baisse du Mg plasmatique observée lors de tétanie d'herbage, il est nécessaire de faire intervenir l'hypothèse d'un trouble métabolique. On connaît depuis longtemps les différents facteurs susceptibles de favoriser ou de déclencher la maladie : les stress divers liés à l'environnement, le froid, le déséquilibre du rapport énergie/azote de l'herbe jeune. Les résultats concernant la lipolyse permettent d'intégrer ces différents facteurs. L'action du froid et du stress adrénergique s'expliquent facilement puisque nous avons montré qu'ils sont directement hypomagnésémiants. L'aspect nutritionnel doit être expliqué. La tétanie d'herbage est en rapport avec l'intensification fourragère et le pâturage d'une herbe jeune à croissance rapide, pauvre en matière sèche et ayant un rapport énergie/azote fortement déséquilibré (excès d'azote non protéique et diminution des glucides solubles).

Du point de vue métabolique, avec ce type de fourrage, la formation d'ammoniaque dans le rumen est souvent bien supérieure à la capacité de protéosynthèse des microorganismes du rumen car celle-ci est limitée par la quantité d'éléments énergétiques (glucides) insuffisante. L'ureogenèse augmente les besoins en énergie. L'ingestion d'herbe est assez souvent insuffisante pour couvrir les besoins énergétiques de l'animal compte-tenu de la faible teneur en MS de l'herbe jeune à croissance rapide. Différents facteurs peuvent diminuer la consommation (stress, oestrus, pluie). L'animal doit faire appel à ses réserves adipeuses puisque cette période de la mise à l'herbe coïncide avec un accroissement sensible de la production laitière. Un certain amaigrissement s'observe chez les animaux qui seront victimes de tétanie d'herbage. Les modifications biochimiques observées chez les animaux atteints sont en accord avec le rôle du déficit énergétique, élévation des acides gras libres du sang, diminution de certains acides aminés sanguins glucoformateurs, élévation des corps cétoniques, modifications des Acides gras du lait. (tableau II).

- *Tétanie du jeune*

Elle s'observe principalement chez le veau de lait. Un litre de lait de vache contient environ 130 mg de Mg. Cette quantité est insuffisante pour assurer l'équilibre nutritionnel du jeune qui devient hypomagnésémique à 2 ou 6 mois d'âge. Pour éviter ceci, il faut fournir un lait qui contienne environ 200 mg de Mg par litre. La carence se traduit par une diminution de croissance, du pica, puis par l'apparition brutale de crise de tétanisation. L'animal peut mourir à la première crise ou survivre à plusieurs crises successives. L'apparition de crises de tétanisation chez le veau de lait est observée sporadiquement en France. Cette forme de tétanie est d'origine exclusivement nutritionnelle (faible teneur du lait en Mg) et l'utilisation de lait de remplacement généralement complémenté en Mg a entraîné une raréfaction de cette affection. Les veaux de vaches allaitantes ne sont généralement pas touchés du fait qu'ils consomment également dès leur plus jeune âge des substances végétales diverses.

- *Tétanies d'hiver et de transport*

Le déficit magnésique observé sur animaux maintenus l'hiver dehors avec peu de fourrage et

des conditions climatiques difficiles peut s'expliquer aussi facilement par un accroissement des besoins en Mg (insuffisance énergétique de la ration et stress thermique) alors que la ration n'apporte que peu de Mg.

Des tétanies peuvent s'observer à l'arrivée des bovins après un transport long. Ce syndrome associe en général, hypomagnésémie, hypocalcémie et deshydratation et peut s'accompagner de cétoses chez la vache laitière ou de toxémie chez la brebis gestante.

Pathologie liée au déficit magnésique (en dehors des troubles tétaniques)

En dehors du problème des tétanies, la pathologie liée au déficit magnésique est assez vaste bien que relativement discrète. Sa reconnaissance est une donnée nouvelle en pathologie vétérinaire. Nous nous limiterons aux aspects principaux intéressant directement les Ruminants.

- Diminution des productions

En cas de déficit magnésique, la synthèse protéique est diminuée assez rapidement. La carence est suivie d'un ralentissement de la croissance. La production laitière est diminuée et la croissance des jeunes nourris avec des aliments déficients en magnésium est ralentie. Ces résultats sont obtenus avec des carences expérimentales relativement sévères. L'incidence de carences modérées est plus discrète.

- Sensibilité à l'infection

La baisse des protéines plasmatiques chez les animaux de laboratoire carencés expérimentalement en Mg est un phénomène bien établi, en particulier la carence entraîne une baisse des γ globulines. Si des animaux carencés en Mg sont infectés, l'augmentation du taux de γ-globulines est plus faible que chez des animaux ayant une magnésémie normale. Chez les Ruminants, il n'y a pratiquement pas de donnée. La réponse immunitaire est très variable d'un animal à l'autre et sur le terrain, diverses carences minérales sont souvent associées. L'infection Brucellique pourrait être facilitée par une carence en Mg modérée.

Inversement, certaines classes d'immunoglobulines (IGE) responsables des accidents anaphylactiques, semblent augmenter au cours de la carence en magnésium. L'utilisation des sels de magnésium comme adjuvants dans le traitement des allergies semble donc avoir quelques fondements.

- Métabolisme phosphocalcique

L'hypomagnésémie entraîne une hypocalcémie et une hypophosphatémie. Ces troubles du métabolisme phosphocalcique disparaissent après supplémentation en Mg. Ceci se produit aussi bien chez la vache à tétanie d'herbage que chez les animaux carencés en Mg. Plusieurs hormones régulent le taux de Ca sanguin en agissant principalement sur les échanges calciques de l'os. La parathormone augmente le catabolisme osseux qui est inhibé par la calcitonine. La vitamine D stimule ces échanges osseux après transformation au niveau du foie puis du rein en 1-25 dihydroxy-cholecalciférol. Les dérivés de la vitamine D sont synthétisés normalement lors du déficit magnésique. L'hypocalcémie n'est pas due à une augmentation de la sécrétion de calcitonine (hormone hypocalcémiante) mais l'os libère plus difficilement son Ca sous l'effet de la Parathormone ou des métabolites de la vitamine D. D'autre part, le taux de parathormone n'augmente pas pour corriger l'hypocalcémie. D'autres troubles du métabolisme phosphocalcique sont associés au déficit magnésique chez le ruminant. Il y a calcification de différents tissus mous (en particulier aux niveaux cardiovasculaire et rénal).

- *Pathologie hépatique*

Le déficit magnésique accompagne souvent certaines atteintes hépatiques (cirrhose, cétoses). Inversement, l'hypomagnésémie peut perturber le fonctionnement du foie (surcharge graisseuse et non vidange de la vésicule biliaire).

- *Ictère hémolytique*

La fragilité accrue de globules rouges au cours du déficit magnésique entraîne un ictère hémolytique et une augmentation de la bilirubine plasmatique.

- *Pathologie de la reproduction*

Chez l'animal de laboratoire, la carence perturbe l'expulsion du foetus et ralentit l'involution utérine. Après l'accouchement la décroissance du poids de l'utérus et de la quantité de collagène est moins rapide. La solubilité du collagène est diminuée. Ce retard de l'involution utérine peut être empêché si les animaux carencés sont supplémentés en Mg à partir de l'accouchement. Chez les Ruminants, le déficit magnésique semble ralentir également l'involution utérine. Chez des brebis carencées en Mg, des biopsies utérines après l'agnelage ont montré des modifications de la teneur et de la solubilité du collagène par rapport à des animaux témoins. (Figure 3) Le ralentissement de l'involution utérine pourrait être un facteur favorisant des métrites. Une supplémentation de Mg après le vêlage semble avoir un effet favorable sur l'expulsion du délivre chez la vache.

- *Tumeurs*

Beaucoup de bruit a été fait dans le passé autour d'un prétendu effet cancérigène de la carence en magnésium. Ces assertions sont certainement très largement exagérées, toutefois on ne peut considérer que le dernier mot ait été dit en ce domaine, car il est bien établi chez le rat qu'une carence chronique en Mg peut induire des tumeurs thymiques, et par ailleurs, le vieux traitement des verrues par les sels de Mg donne des résultats qui, bien que très inconstants, sont parfois spectaculaires.

III - PROPHYLAXIE ET TRAITEMENT DES DEFICITS MAGNESIQUES

Il faut assurer en permanence un apport suffisant de Mg dans la ration. Compte-tenu de certaines variations individuelles dans la digestibilité du Mg chez la vache laitière, et de la faible digestibilité du Mg dans certaines rations, on recommande un apport de 1,5 g Mg/kg de Matière sèche. Des teneurs plus faibles sont parfois suffisantes. Dans certains cas particuliers (changement brutal de régime, sous-nutrition énergétique, conditions climatiques difficiles), il peut être utile d'augmenter les apports à 2 g/kg MS pour prévenir des troubles du métabolisme de cet élément. L'apport de Mg supplémentaire est en général apporté par la distribution d'un condiment minéral, ou l'on peut ajouter de la magnésie au concentré ou du chlorure de Mg à l'eau de boisson (1 à 2 ‰). La supplémentation en Mg peut également être effectuée par la mise à la disposition des animaux d'un composé minéral compact riche en Mg présenté sous forme de "bassines" (16 % Mg).

Pour prévenir la tétanie d'herbage, plusieurs méthodes ont été proposées : enrichissement du sol en Mg par l'apport d'engrais magnésiens. Mais il est difficile d'obtenir une teneur de l'herbe supérieure à 2 ‰, taux à partir duquel les cas de tétanie sont plus rares. La pulvérisation foliaire avec une solution de magnésie avant la mise à l'herbe semble préférable. On peut augmenter très largement les apports de Mg en donnant aux animaux sujets à tétanie 50 g de Magnésie par jour avec le concentré au moment de la traite, ou en laissant aux animaux la libre disposition d'un composé minéral riche en Mg.

TABLEAU 1 : INFLUENCE DE LA SUPPLEMENTATION EN LACTOSE SUR L'ABSORPTION STOMACALE DU MG CHEZ LE MOUTON

Régime	Mg ingéré (g/j)	Disparition du Mg dans les estomacs (% Mg ingéré)
Foin de luzerne 700 g/j	1,37	17,0 ± 3,3 (4)
Foin de luzerne + Lactose 700 g/j + 400 g/j	1,44	37,1 ± 4,3 (4) P< 0,01

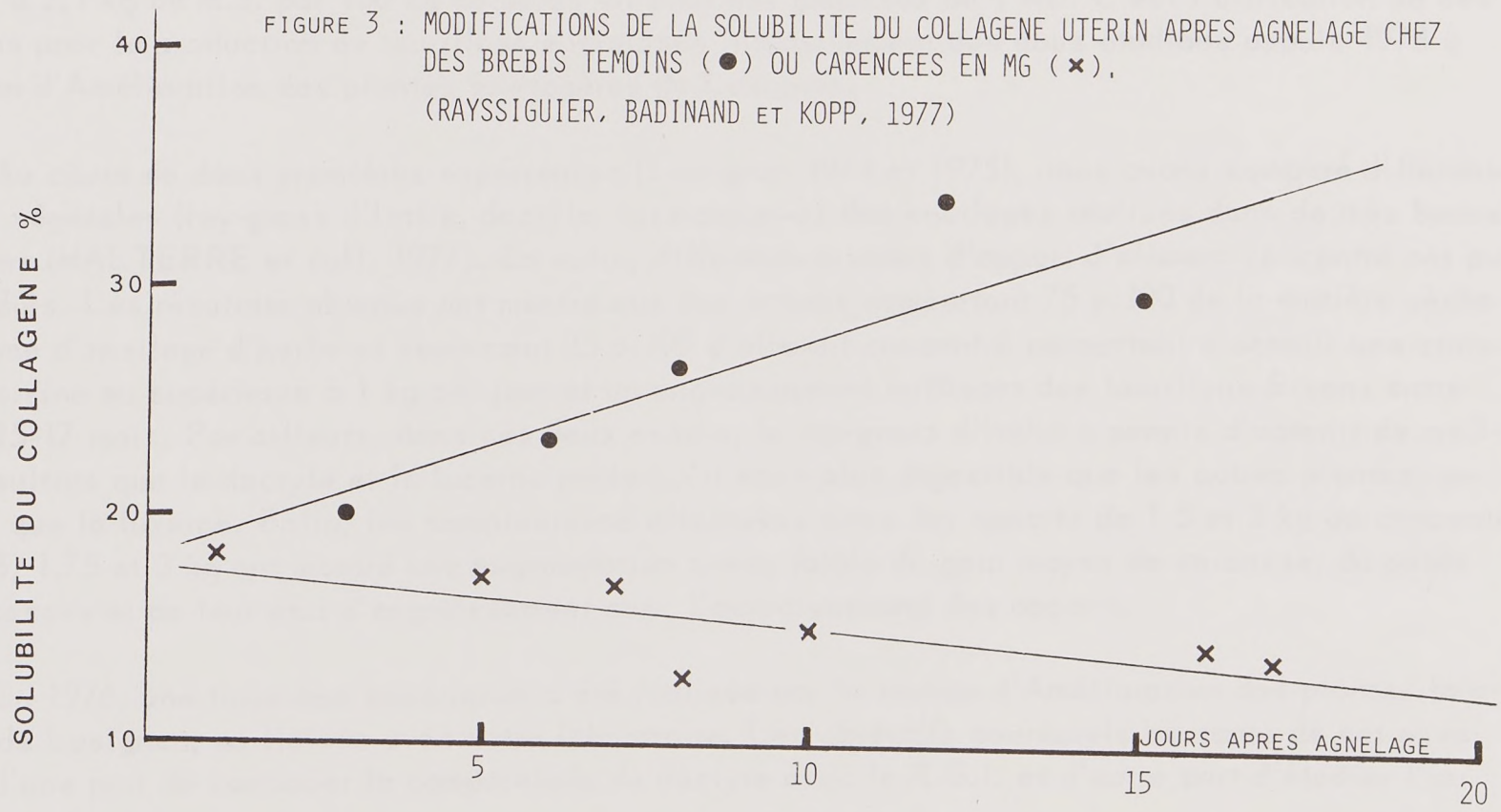
(Moyenne de 4 animaux ± erreur type)
(RAYSSIGUIER et PONCET, 1977)

TABLEAU 2 : VARIATIONS DES TAUX PLASMATIQUES DE MAGNESIUM (Mg), CALCIUM (Ca), PHOSPHORE (P) ET DES ACIDES GRAS LIBRES (AGL) CHEZ DES VACHES ATTEINTES DE TETANIE D'HERBAGE.

	avant mise à l'herbe	Après mise à l'herbe	
		Témoins	Malades
Mg mg/100 ml	2,44 ± 0,06	2,29 ± 0,14	0,62 ± 0,13+
Ca mg/100 ml	9,71 ± 0,20	10,68 ± 0,28	7,97 ± 0,88+
P mg/100 ml	6,04 ± 0,44	6,10 ± 0,48	5,03 ± 1,01
AGL mM/l	0,47 ± 0,08	0,31 ± 0,03	0,84 ± 0,15+

Moyenne de 8 à 10 animaux ± erreur type. Signification de la différence entre vaches témoins et malades + P< 0,05. (RAYSSIGUIER, 1977).

FIGURE 3 : MODIFICATIONS DE LA SOLUBILITE DU COLLAGENE UTERIN APRES AGNELAGE CHEZ DES BREBIS TEMOINS (●) OU CARENCEES EN MG (×).
(RAYSSIGUIER, BADINAND ET KOPP, 1977)



En dehors de toutes ces méthodes qui consistent à apporter une forte supplémentation en Mg, il est nécessaire de diminuer les pertes métaboliques du Mg : en assurant une protection contre le froid (intérêt des abris naturels et artificiels et de rentrer les animaux avant la nuit), en évitant tout stress inutile et en administrant un supplément alimentaire riche en énergie pendant toute la période dangereuse (pour les animaux).

Le traitement d'urgence consiste à injecter lentement des sels de Mg par voie intraveineuse (chlorure, gluconate ou glutamate).

En conclusion, plusieurs acquisitions récentes nous semblent particulièrement importantes dans le cadre du déficit magnésique.

La localisation stomacale de l'absorption du Mg permet une meilleure compréhension des influences alimentaires sur la digestibilité de cet élément. L'hypomagnésémie induite par le stress adrénergique et les facteurs lipolytiques permet, d'autre part, d'expliquer un certain nombre de troubles métaboliques liés à cet élément. Le rôle du déficit magnésique dans la sensibilité à l'infection et dans la pathologie de la reproduction mériterait d'être précisé chez le Ruminant.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 63-72.

UTILISATION D'UN ENSILAGE DE RAY GRASS OU DE DACTYLE POUR LA PRODUCTION DE TAURILLONS FRISONS

- INFLUENCE DU NIVEAU DE COMPLEMENTATION EN CONCENTRE

C. MALTERRE, L. HUGUET**, G. BERTIN**, A. VON WYL****

* Laboratoire de la production de viande
** Station d'amélioration des plantes fourragères de Lusignan 86600 (I.N.R.A.)
*** Ingénieur de l'E.P.F. de Zurich

L'utilisation de l'ensilage d'herbe pour produire intensivement de la viande bovine n'a fait l'objet que de très peu d'études. En effet, dans un passé encore récent, les ensilages d'herbe étaient réalisés à un stade végétatif relativement tardif, sans coupe fine de l'herbe et sans conservateur. Dans ces conditions, ils permettaient aux boeufs et aux génisses de passer l'hiver en réalisant des gains de poids faibles, le plus souvent inférieurs à 500 g/jour. Aujourd'hui, du fait de l'évolution des techniques d'ensilage et des avantages bien connus qu'elles représentent et grâce aux travaux réalisés depuis 1971 par C. DEMARQUILLY et J.P. DULPHY (1973, 1975, 1977), on sait fabriquer des ensilages d'herbe ayant une valeur énergétique élevée (0,7 à 0,8 U.F./kg de matière sèche) et consommés en grande quantité (1,9 à 2,1 kg de M.S. par 100 kg de poids vif pour des génisses de 1 an). C'est l'utilisation de ces ensilages pour la production de taurillons engraissés intensivement que nous étudions depuis 1974 à la station d'Amélioration des plantes fourragères de Lusignan.

Au cours de deux premières expériences (Lusignan 1974 et 1975), nous avons comparé différentes espèces végétales (ray-grass d'Italie, dactyle, luzerne) avec des ensilages réalisés dans de très bonnes conditions (MALTERRE et coll. 1977). En outre, différents niveaux d'apport d'aliment concentré ont pu être étudiés. Les résultats obtenus ont montré que des rations comportant 75 p.100 de la matière sèche sous forme d'ensilage d'herbe et seulement 25 p.100 d'aliment concentré permettent d'obtenir une croissance voisine ou supérieure à 1 kg par jour et un engraissement suffisant des taurillons frisons entre 9-10 et 15-17 mois. Par ailleurs, dans ces deux essais, le ray-grass d'Italie a permis d'obtenir de meilleurs résultats que le dactyle et la luzerne parce qu'il était plus digestible que les autres plantes, notamment que la luzerne. Enfin, les comparaisons effectuées entre les apports de 1,5 et 3 kg de concentré et de 0,5, 1,75 et 3 kg ont montré une augmentation assez faible du gain moyen de carcasse, du poids des carcasses et de leur état d'engraissement avec l'accroissement des apports.

En 1976, une troisième expérience a été réalisée par la station d'Amélioration des plantes fourragères de Lusignan, en liaison avec notre laboratoire. Les objectifs poursuivis au cours de cet essai ont été d'une part de continuer la comparaison du dactyle avec le R.G.I. et d'autre part d'étudier l'in-

fluence du niveau de complémentation en concentré sur les quantités ingérées, la croissance des animaux et la composition de leur carcasse, mais cette fois par rapport à un régime composé uniquement de l'ensilage et du C.M.V. Dans cet essai, le concentré représentait donc 0 et 18 p.100 de la matière sèche de la ration; le but recherché était de définir quelle est la quantité minimale de concentré à apporter en complément d'un ensilage d'herbe de bonne qualité compatible avec une croissance suffisante et un engraissement satisfaisant des taurillons frisons.

CONDITIONS EXPERIMENTALES

Les taurillons utilisés dans cette expérience étaient de race F.F.P.N.; 50 veaux ont été achetés en moyenne le 29 février à un âge estimé à 13-14 mois et à un poids vif moyen de 276 kg. L'ensemble de ces animaux a alors reçu une même alimentation à base d'ensilage de maïs jusqu'à l'âge de 17 mois avant d'entrer en expérience.

Lors de la mise en lot (le 8 juin) 40 veaux constituant un groupe homogène ont été choisis parmi les 50 veaux achetés et répartis en 4 lots de 10 animaux (dispositif en blocs) en fonction de leur poids vif à cette date et de leur croissance au cours des 100 jours précédents (1250 g/jour en moyenne).

Au cours de cet essai, nous avons comparé un ensilage de dactyle à un ensilage de ray-grass d'Italie (R.G.I.). Récoltées à un stade jeune, ces deux espèces ont été ensilées tôt au printemps (1er cycle) après "ressuyage" portant la teneur en matière sèche des fourrages à 28,4 et 31 p.100. La récolte s'est effectuée avec une ensileuse à couteaux permettant de réaliser un hachage fin. Les ensilages ont été réalisés en silos couloirs avec un conservateur: le sylade. Les caractéristiques de la plante sur pied au moment de la récolte et celles des ensilages figurent au tableau I. Avec chaque ensilage nous avons étudié l'influence de deux niveaux d'apport de céréales (0 et 2 kg d'orge) sur les performances de croissance et d'engraissement des animaux. L'ensemble de ces animaux a reçu, en outre, 100 g d'un condiment minéral vitaminé de type 14.14. Enfin, pour tenir compte des écarts de poids importants entre animaux au sein d'un même lot, nous avons abattu les taurillons en deux fois, après 154 et 195 jours d'expérience (à 41 jours d'intervalle), à un âge moyen d'environ 23 mois. La durée de la période expérimentale a cependant été identique entre lots et égale à 175 jours, excepté pour le lot I où elle n'a été que de 170 jours par suite de l'élimination de deux animaux.

Les animaux utilisés dans cette expérience ont été conduits en stabulation libre, par lot de 10, sur aire paillée dans un bâtiment bardé sur trois côtés et ouvert au sud-est. Après une période de transition de 14 jours destinée à habituer les animaux aux régimes expérimentaux, les ensilages d'herbe à comparer furent distribués à volonté. La teneur en matières azotées totales des ensilages ayant été de 13,3 et 16,1 p.100 respectivement pour le R.G.I. et le dactyle au cours de la période expérimentale, aucune complémentation azotée n'a été apportée aux animaux durant cette période.

Au cours de la période d'engraissement, qui s'est déroulée essentiellement en été et à l'automne, les quantités distribuées et refusées ont été mesurées chaque jour (par lot de 10 animaux) et la teneur en matière sèche des ensilages tous les 2 ou 3 jours. L'analyse chimique des ensilages a été effectuée tous les mois. La croissance des animaux a été calculée à partir des pesées effectuées tous les 14 jours. En outre, deux pesées consécutives ont été réalisées au début et à la fin de la période expérimentale ainsi qu'avant le départ des animaux pour l'abattoir municipal de Surgères (Charente-Maritime). A l'abattage, après avoir pesé les carcasses chaudes, on a calculé le rendement en carcasse et la proportion respective de muscles et de gras dans la carcasse à partir de la composition de la 6ème côte (ROBELIN et GEAY, 1975).

Afin d'éliminer l'influence des variations du contenu digestif liées aux différents régimes qui

TABLEAU I : CARACTERISTIQUES DES FOURRAGES VERTS ET DES ENSILAGES.

	DACTYLE	RAY GRASS D'ITALIE
Caractéristiques de la plante en vert		
Variété	Daprime, floréal, prairial	Tiera, Tetrone
Date de semis	Printemps 73	Automne 1975
Date de récolte	5 au 11.5.1976	27 au 29.4.1976
Stade d'exploitation	Fin montaison	épis à 35 cm
Rendement à l'hectare	4 tonnes environ	4,5 à 5 tonnes
Teneur en matière sèche à l'entrée du silo (p.100)	28,4	31,0
% M.A.T.	15,6	12,6
% Cellulose	23,9	19,9
% Cendre	8,2	8,5

Caractéristiques de l'ensilage	DACTYLE	RAY GRASS D'ITALIE
. Conservateur utilisé	Sylade : 2,5 à 3 l/t de matière verte	Sylade : 2,5 à 3 l/t de matière verte
. Composition chimique :		
p.100 de matière sèche	27,1	28,5
p.100 de M.A.T.	16,1	13,3
p.100 cellulose brute	24,3	23,1
p.100 de cendres	8,4	8,7
. Qualité des ensilages (caractéristiques fermentaires)		
pH	3,7	4,0
acide acétique % M.S.	3,1	2,6
acide propionique % M.S.	0,13	0,19
acide butyrique % M.S.	traces	0,15
azote ammoniacal % M.S.	0,14	0,09
N (NH_3) / N total (%)	5,5	4,2

interfèrent dans le gain de poids vif, et de mieux apprécier l'efficacité des rations pour la production de viande, nous avons calculé un gain journalier de carcasse. Ce gain est obtenu en soustrayant au poids de carcasse final, un poids de carcasse initial estimé d'après les données de J. ROBELIN (1977) sur la croissance des mâles frisons (50,7 p.100 du poids des animaux lors de la mise en lots sur un même régime) et en rapportant la différence à la durée de la période de production.

Enfin, pour mettre en évidence les effets des différents facteurs étudiés (espèce végétale, niveau de complémentation en concentré) ainsi que leurs interactions éventuelles, sur les variables mesurées (poids, croissance et résultats d'abattage), nous avons effectué une analyse de variance et de covariance en tenant compte du gain de poids des taurillons au cours des 100 jours qui ont précédé leur mise en lot, de leurs poids initiaux et de leur durée d'engraissement.

RESULTATS (tableau II et figures 1, 2 et 3)

Aucune interaction n'ayant pu être mise en évidence entre le niveau des apports de concentré et la nature de l'ensilage d'herbe, on a regroupé l'ensemble des résultats correspondant aux mêmes ensilages (lots I + II et III + IV) ou au même niveau d'apport d'orge (lots I + III et II + IV).

En outre, par suite de l'élimination de 2 animaux recevant de l'ensilage de dactyle (très faible croissance au cours de la période expérimentale : <500 g/j) les résultats ne portent que sur 8 animaux dans le lot I.

Utilisation comparée des ensilages de dactyle et de ray grass italien (lots I et II/III et IV)

Au cours de la période d'engraissement les ensilages distribués seuls ont été ingérés en très grande quantité quelle que soit l'espèce considérée (1,82 à 1,93 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif). On peut vraisemblablement relier ce résultat au fait que les animaux étaient âgés et maigres en début d'expérience. Les taurillons recevant le dactyle, complémenté ou non en orge, ont cependant consommé un peu plus de matière sèche que ceux recevant le R.G.I. (+ 3 p.100 au total et + 6,5 p.100 par 100 kg de poids vif); cette légère différence, en faveur du dactyle, provient surtout d'une ingestion très élevée de ce dernier au cours du mois d'octobre (cf figures 1b et 2b).

Malgré leur niveau d'ingestion légèrement supérieur le gain de poids vif moyen journalier des animaux des lots "dactyle" a toujours été nettement inférieur à celui réalisé par les animaux des lots "R.G.I." et ce, quel que soit le niveau d'apport d'orge (816 contre 982 g/j pour les ensilages distribués seuls et 886 contre 1114 g/j dans le cas des ensilages complémentés avec 2 kg d'orge) ($P < 0,01$). Cette différence est en moyenne de 18 p.100 au cours de la période expérimentale. Elle provient essentiellement de la chute de croissance que l'on peut observer au cours de la seconde moitié de la période d'engraissement dans le cas des animaux recevant le dactyle (figures 1a et 2a).

Au cours de la période de production, la différence de croissance, exprimée en gain de carcasse par jour, est de 16 p.100 entre espèces végétales et corrélativement la carcasse des animaux au dactyle est plus légère (- 19 kg : $P < 0,01$) et moins grasse que celle des animaux au R.G.I. (16,8 contre 18,8 p.100 de gras dans la carcasse). Par suite, l'indice de consommation des lots recevant le dactyle, qu'il soit rapporté au gain de poids vif ou au gain de carcasse des animaux, a été beaucoup plus élevé que celui du lot "R.G.I." (respectivement + 27 et + 22 p.100). La courbe d'évolution de l'indice de consommation cumulé (figure 1c et 2c) met bien en évidence l'augmentation rapide de l'indice des animaux recevant le dactyle lorsque leur vitesse de croissance diminue.

TABLEAU II : COMPARAISON D'UN ENSILAGE DE RAY GRASS D'ITALIE ET D'UN ENSILAGE DE DACTYLE.
- INFLUENCE DU NIVEAU DE COMPLÉMENTATION EN ORGE (LUSIGNAN 1976) -

	Dactyle		Ray grass d'Italie		Comparaison espèces (quel que soit le niveau de complémentation en orge		Influence du niveau d'apport en orge (quel que soit l'ensilage d'herbe utilisé	
LOTS REGIMES	I dactyle + 0 orge	II dactyle + 2kg orge	III R.G.I. + 0 orge	IV R.G.I. + 2kg orge	I + II dactyle	III + IV R.G.I.	I + III 0kg orge	II + IV 2kg orge
Nombre d'animaux	8	10	10	10	18	20	18	20
RESULTATS DE LA PERIODE EXPERIMENTALE								
Poids vif et croissance								
Poids mise en lot (kg)	416	403	402	406	409	404	408	405
Poids début expérience (kg)	427 ± 26	417 ± 31	419 ± 36	428 ± 38	421 ± 29	423 ± 36	424 ± 31	424 ± 34
Poids fin expérience (kg)	566 ± 23[a]	572 ± 20[b]	591 ± 54[c]	623 ± 30[d]	569 ± 21	607 ± 45	581 ± 44	599 ± 36
Durée de l'expérience (jours)	170	175	175	175	173	175	173	175
Gain de poids moyen journalier (g/j)	816[a]	886[b]	982[c]	1114[d]	855	1046	903	994
Quantités consommées (kg MS/jour)								
Ensilage	9,49	8,51	9,10	8,27	8,95	8,69	9,27	8,39
Orge	-	1,75	-	1,75	0,88	0,88	-	1,75
C.M.V.	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
- Total	9,58	10,35	9,19	10,11	9,92	9,66	9,36	10,23
- Total/100 kg P.V.	1,93	2,09	1,82	1,93	2,00	1,88	1,86	2,00
- Total/kg de gain	11,74	11,68	9,36	9,07	11,60	9,24	10,37	10,29
Poids, rendement et composition de la carcasse								
Poids de carcasse froide (kg)	299 ± 19[a]	306 ± 14[b]	312 ± 31[c]	332 ± 21[d]	303 ± 16	322 ± 28	306 ± 27	319 ± 22
Poids de carcasse froide (%) Poids fin expérience	52,8	53,5	52,8	53,3	53,2	53,0	52,7	53,3
Composition de la carcasse*								
- p.100 de muscles	68,4	67,2	66,4	65,3	67,7	65,8	67,3	66,2
- p.100 de gras	16,1	17,3	18,2	19,5	16,8	18,8	17,3	18,4
RESULTATS DE LA PERIODE DE PRODUCTION**								
Gain de carcasse froide (g/j)	519[a]	578[b]	608[c]	708[d]	552	658	569	643
Consommation de matière sèche (kg)								
- par animal et par jour	9,45	10,19	9,17	10,05	9,82	9,61	9,31	10,12
- par kg de gain de carcasse	18,21	17,63	15,08	14,19	17,79	14,60	16,36	15,74

* Composition de la carcasse estimée à partir de celle de la 6ème côte.

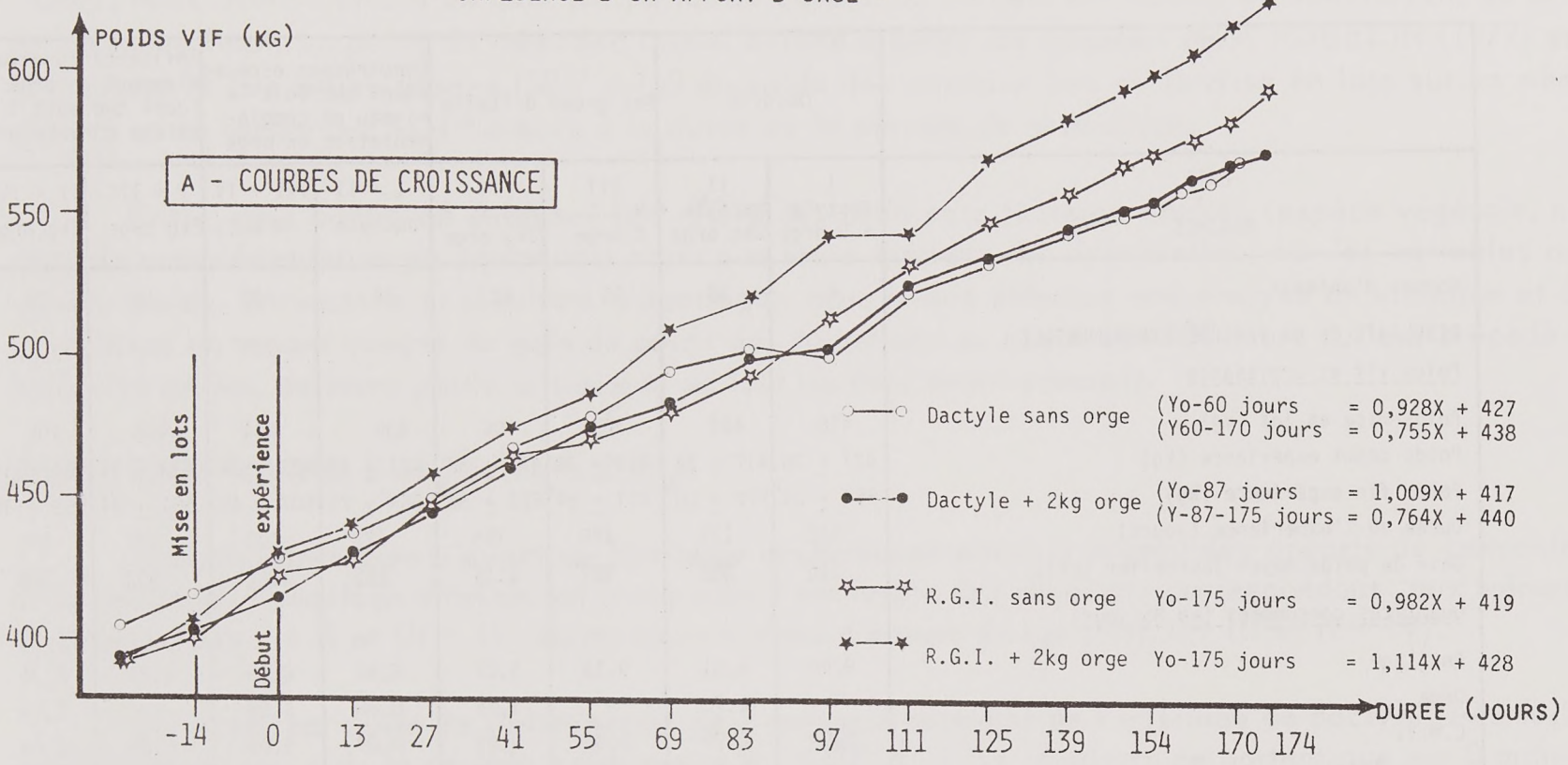
** La période de transition (mise en lot - début expérience, soit 14 jours) ajoutée à la période expérimentale correspond à la période de production.

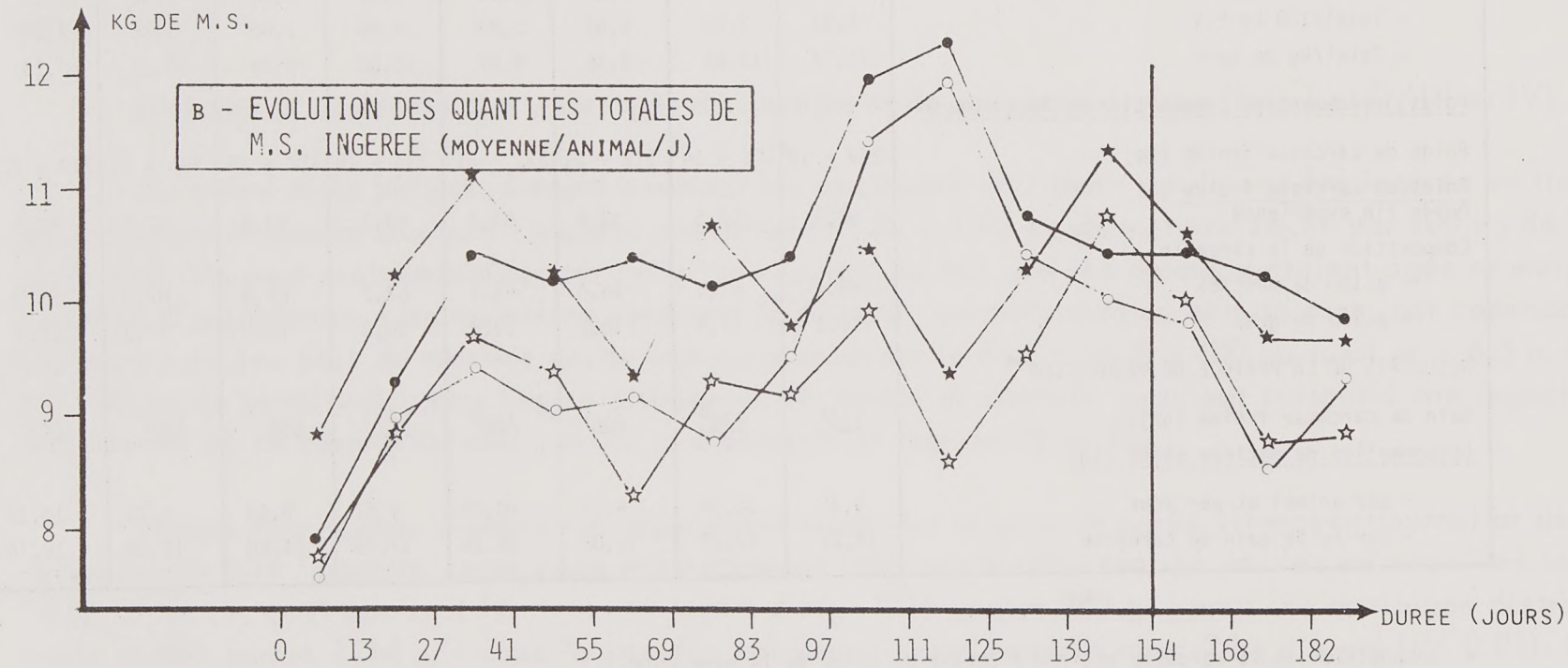
NB L'ensemble des données de poids et de gain de poids vif et celles qui en découlent (appétit et indice de consommation) a été calculé après ajustement de la courbe moyenne de croissance de chaque lot par régression linéaire.

Les valeurs inscrites sur la même ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes (en tenant compte des poids initiaux et des durées d'engraissement).

FIGURE 1 : COMPARAISON D'UN ENSILAGE DE RGI ET D'UN ENSILAGE DE DACTYLE

- INFLUENCE D'UN APPORT D'ORGE -





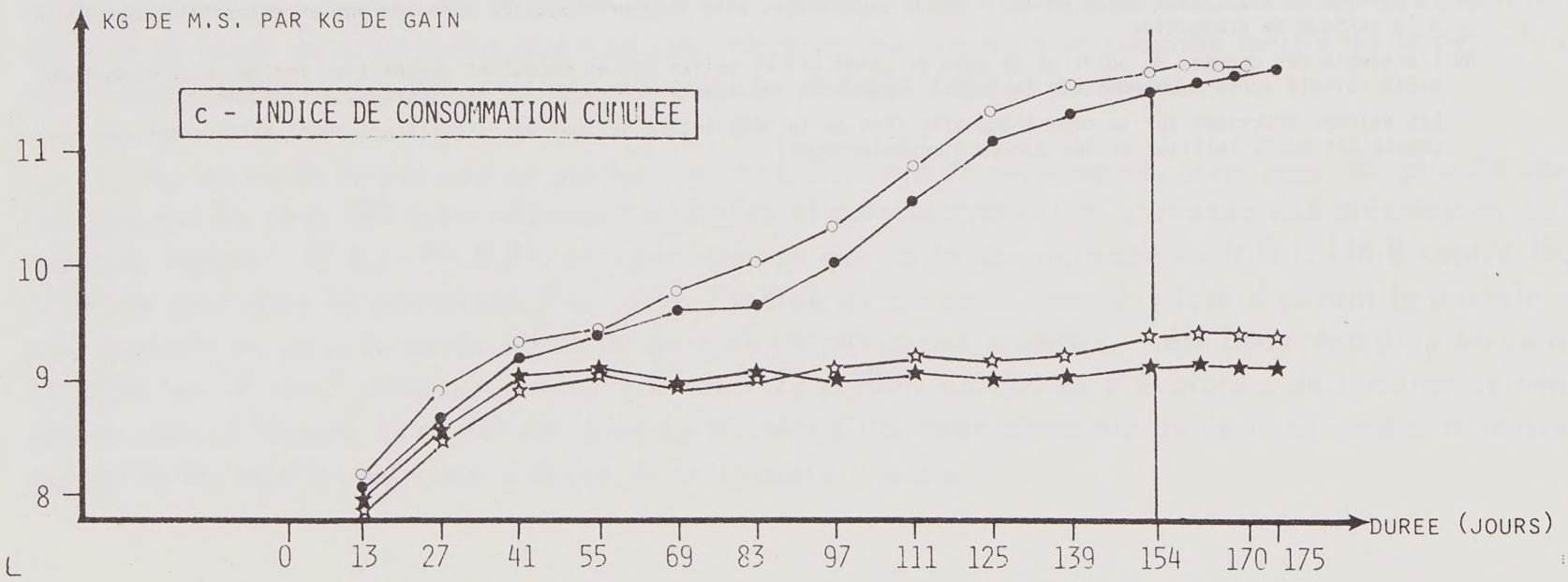
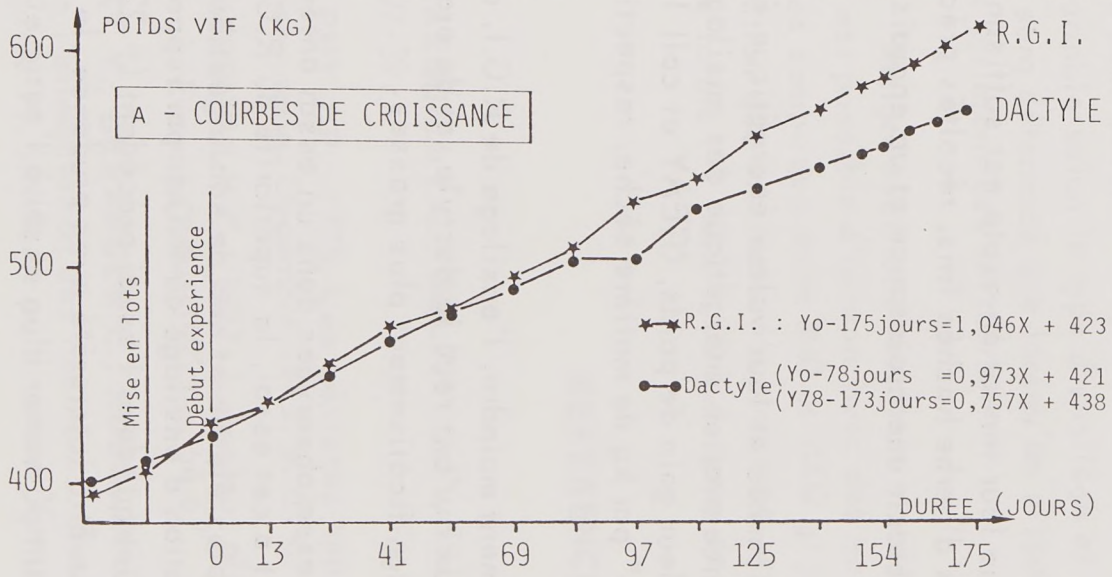
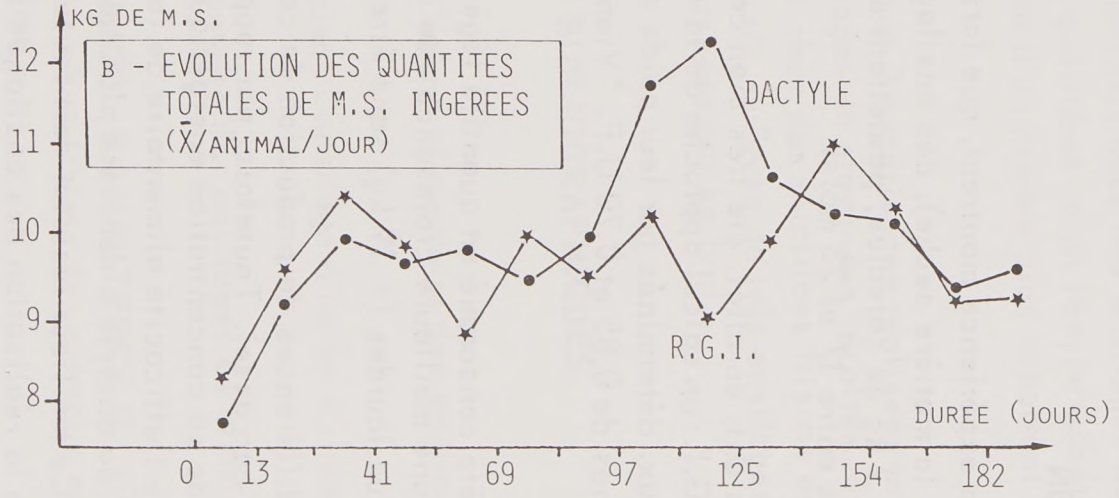


FIGURE 2 : COMPARAISON D'UN ENSILAGE DE R.G.I. ET D'UN ENSILAGE DE DACTYLE





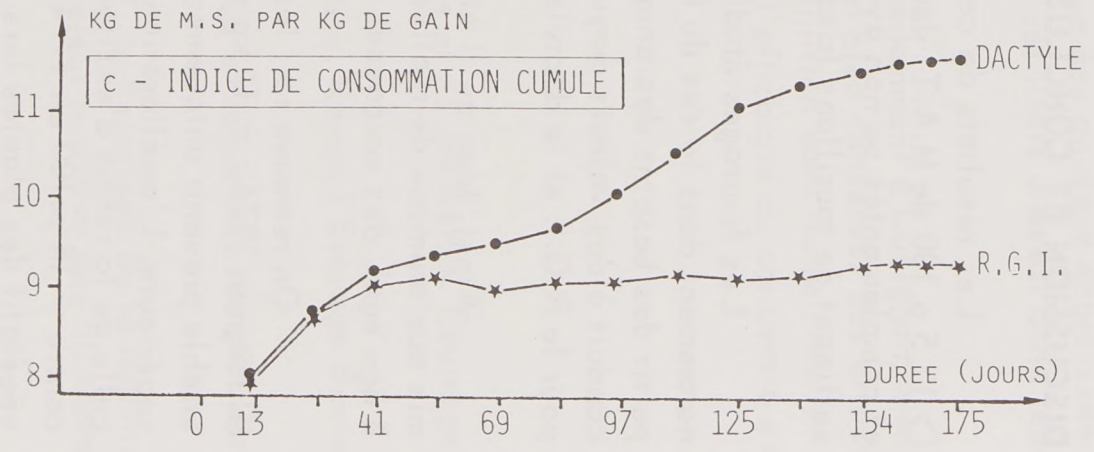
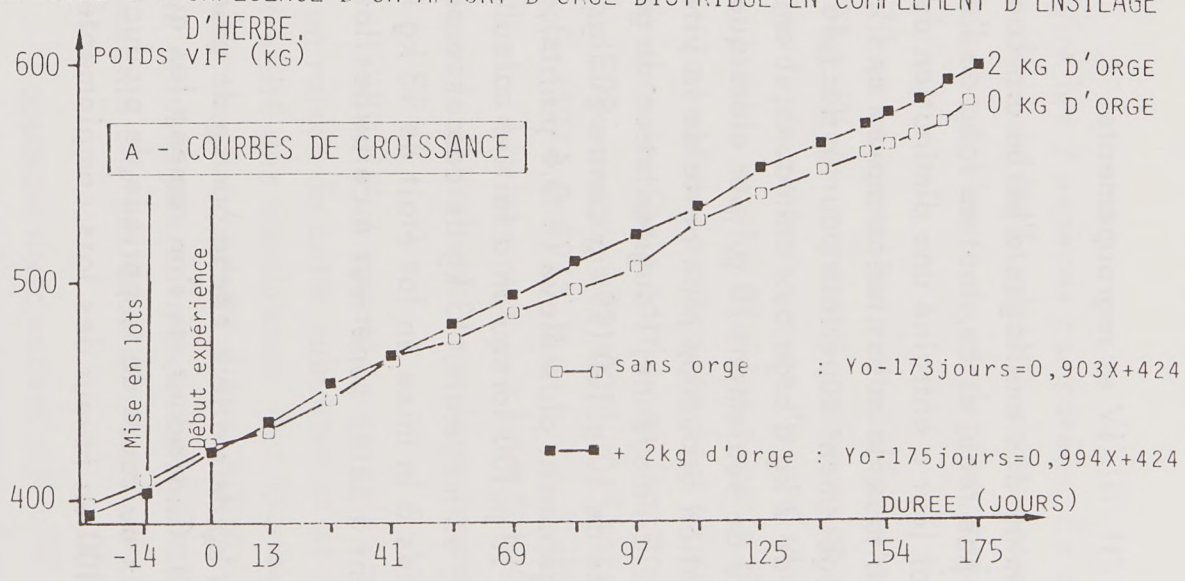
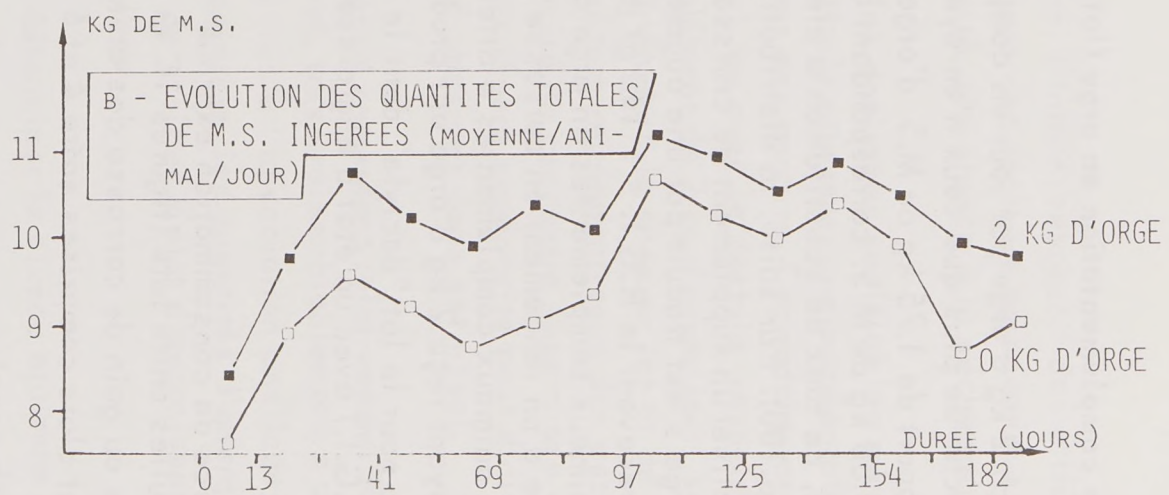
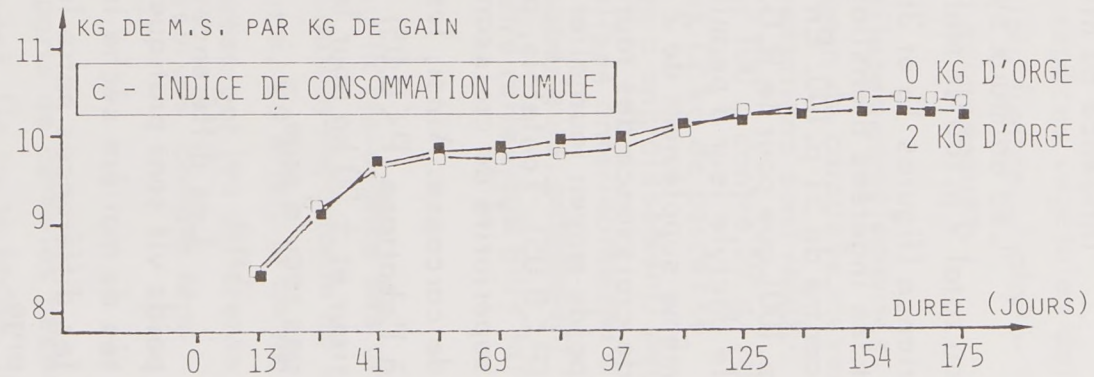


FIGURE 3 : INFLUENCE D'UN APPORT D'ORGE DISTRIBUE EN COMPLEMENT D'ENSILAGE D'HERBE.







Influence du niveau de complémentation en orge (lots I/II, III/IV et regroupements)

Les animaux ayant reçu 2 kg d'orge par jour en complément des ensilages d'herbe ont consommé au total 9 p.100 de matière sèche de plus que ceux n'en ayant pas reçu, et ce, tout au long de l'expérience (figures 1b et 3b). L'apport de 1,75 kg de M.S. d'orge par jour a entrainé une diminution des quantités ingérées d'ensilage de 0,88 kg de M.S. correspondant à un taux de substitution moyen ensilage-concentré de 51 p.100. En réalité, ce taux de substitution a été légèrement supérieur pour le dactyle (56 p.100) que pour le R.G.I. (47 p.100). Par suite, la distribution de 2 kg d'orge aux animaux qui ont reçu le dactyle leur a permis de réaliser un supplément de croissance de seulement 70 g/jour alors que ce même supplément de 2 kg d'orge s'est traduit par une augmentation beaucoup plus nette de la vitesse de croissance des taurillons recevant le R.G.I. : + 132 g/jour. En moyenne, l'augmentation du gain de poids moyen journalier des animaux complémentés en orge a été de 10 p.100 (994 g contre 903 g/jour) ($P < 0,05$). Toutefois, par suite d'un rendement en carcasse légèrement plus élevé (+ 0,6 points), cette supériorité de croissance des animaux complémentés a atteint 13 p.100 lorsqu'on a fait le calcul en gain de carcasse. Ainsi, les lots ayant reçu 2 kg d'orge ont produit, en moyenne, 13 kg de carcasse en plus à l'abattage ($P < 0,05$) (+ 7 kg pour le lot "dactyle" dont le poids à la mise en lot était de 13 kg inférieur et + 20 kg pour le lot R.G.I.) avec un état d'engraissement à peine supérieur à celui des lots n'ayant pas reçu d'orge.

Les différences d'indice de consommation exprimé en kg de matière sèche par kg de gain de poids vif sont pratiquement nulles entre lots (figures 1C et 3C). Cependant, si l'on ramène les quantités de matière sèche ingérées au gain de carcasse des animaux au cours de la période de production, les différences entre lots sont alors comprises entre 4 et 6 p.100 en faveur des lots complémentés en orge.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de cette expérience montrent, que lorsque leur teneur en azote est suffisante (> 12,5 p.100 de M.A.T. dans la matière sèche), des ensilages d'herbe hachés fins, récoltés précocement et complémentés ou non avec 2 kg de céréales, permettent d'obtenir une croissance et un engraissement suffisant de taurillons frisons entre 17 et 23 mois.

Les fourrages étudiés ont, en effet, été très bien consommés et leur valeur énergétique élevée, notamment dans le cas du R.G.I. : un calcul approché de la concentration énergétique des ensilages à partir des besoins des animaux, déterminés par leur poids et leur gain de poids, (GEAY et coll 1977) conduit à des valeurs moyennes de 0,85 et 0,70 U.F. "Viande" par kg de matière sèche, respectivement pour le R.G.I. et le dactyle.

Ainsi, bien qu'il ait été consommé en quantité légèrement moindre, l'ensilage de R.G.I. a permis aux animaux de réaliser une meilleure croissance que ceux qui ont reçu le dactyle, et de produire, à âge égal, des carcasses plus lourdes (+ 19 kg) sans être significativement plus grasses.

On retrouve ici les différences de production de carcasse observées dans un essai antérieur (Lusignan 1974 : + 17 kg de carcasse). Toutefois, par rapport à cet essai, la supériorité du R.G.I. semble provenir uniquement de sa concentration énergétique plus élevée et non de son ingestibilité supérieure. L'amélioration de l'efficacité alimentaire de la ration d'ensilage du R.G.I. par rapport à celle de la ration d'ensilage de dactyle a donc été plus marquée que dans l'essai précédent (+ 22 p.100 contre + 18 p.100 en 1974). Ce meilleur résultat doit toutefois être interprété avec prudence, le stade végétatif des plantes lors de la réalisation des ensilages ayant pu varier d'un essai à l'autre et sur-

tout entre les 2 espèces comparées. En outre, l'intérêt respectif des différentes espèces végétales doit être analysé de façon globale en tenant compte des facteurs agronomiques (rotation, fumure,..) phytotechniques (régularité de production, précocité, résistance à la sécheresse...) et économiques.

Les comparaisons effectuées entre les ensilages seuls et les mêmes ensilages complémentés avec 2 kg d'orge montrent, comme on pouvait s'y attendre, une augmentation du gain de carcasse moyen et du poids de carcasse avec l'accroissement des apports. Cependant, ces augmentations sont relativement faibles et plus élevées avec le R.G.I. qu'avec le dactyle (respectivement 100 g contre 59 g/jour de gain journalier de carcasse pour un supplément de 2 kg d'orge/jour, soit 18 et 12 kg de carcasse supplémentaires (gain corrigé en fonction du poids à la mise en lot et de la durée d'engraissement) pour 350 kg d'orge consommés en plus). Ces résultats rejoignent ceux des essais réalisés antérieurement à Lusignan (1974 et 1975) bien qu'ici l'efficacité du concentré apparaisse un peu supérieure, notamment dans le cas des lots recevant le R.G.I. Cette légère supériorité peut d'ailleurs être reliée aux plus faibles taux de substitution ensilage-concentré observés dans cet essai.

L'effet d'un apport de céréales apparait cependant relativement faible sur la croissance des animaux en raison de cette substitution et aussi, très vraisemblablement, d'une diminution importante de la digestibilité des membranes des fourrages liée à l'association ensilage-concentré. En effet, si on ne tient pas compte de cette digestibilité associative, les quantités d'énergie ingérées par les différents lots ne rendent pas compte des différences de croît et d'état d'engraissement observés, compte tenu des besoins énergétiques des taurillons frisons.

Il apparait donc encore difficile de déterminer le niveau optimum des apports de céréales nécessaires pour assurer l'engraissement des taurillons avec des ensilages de graminées. De toute façon, il est variable selon le type d'ensilage et sa qualité et selon le type génétique des animaux engraissés. Il ne sera déterminé que lorsqu'on disposera d'un nombre plus important de résultats d'essai dans lesquels varieront ces facteurs.

Malgré tout, ces résultats et ceux des 2 expériences réalisées précédemment à Lusignan, montrent qu'il est possible d'obtenir avec des ensilages de graminées récoltés tôt et bien conservés des croissances comprises entre 800 et 1000 g/jour chez des taurillons frisons en finition sans autre complémentation que minérale. Ils montrent, en outre, qu'avec de tels ensilages, l'efficacité du concentré est assez faible : + 30 à + 50 g de gain de carcasse par kg brut.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DEMARQUILLY C., DULPHY J.P., 1973. Valeur alimentaire des ensilages et sa prévision. Fourrages **56**, 27-39.

DULPHY J.P., 1975. Les génisses apprécient l'ensilage d'herbe s'il est bon. Revue l'Elevage Bovin. N° hors série. Décembre 1973. p. 61-67.

DEMARQUILLY C., 1977. La valeur alimentaire des ensilages de graminées et légumineuses. N° hors série. L'Elevage, août 1977, p. 61-67.

GEAY Y., BERANGER C., ROBELIN J., MICOL D., MALTERRE C., 1977. in Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants. Besoins alimentaires des animaux et valeur nutritive des aliments. Chapitre 11. I.N.R.A. publication Versailles.

MALTERRE C., HUGUET L., BERTIN G., PEILLON S., 1977. Utilisation d'ensilages d'herbe pour l'engraissement de taurillons frisons. Fourrages **69**, 115-135.

ROBELIN J., GEAY Y., 1975. Estimation de la composition de la carcasse de taurillons à partir de la composition de la 6ème côte. Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix-I.N.R.A. (22), 41-44.

ROBELIN J., 1977. Résultats non publiés.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1977 (30) 73-78.

UTILISATION DU RUMENSIN POUR L'ENGRAISSEMENT DES BOVINS

Y. GEAY★, J.P. JOUANY★★, C. BERANGER★

★Laboratoire de la Production de Viande
★★Station de Recherches sur l'Elevage des Ruminants

Les antibiotiques ont été depuis longtemps étudiés et utilisés dans l'alimentation des ruminants pour améliorer l'efficacité alimentaire des rations. Ils peuvent, en effet, modifier la composition de la population microbienne du rumen dans un sens favorable à la production de nutriments utilisés plus efficacement par l'animal. Un antibiotique issu d'une souche de *Streptomyces cinnamonensis*, le "*Monensin*", connu et utilisé en aviculture pour ses propriétés anticoccidiennes, s'est révélé capable de modifier de façon notable les fermentations *in vitro* et *in vivo* du rumen (RICHARDSON et al, 1974).

Il a fait l'objet aux Etats-Unis d'un grand nombre d'études sur les bovins à l'engrais, au pâturage, ou recevant des rations riches en céréales. Ces études ont montré que son utilisation permettait d'améliorer l'efficacité alimentaire des régimes.

Ce produit possède la dénomination commerciale de "Rumensin"★. Nous avons étudié au Centre de Theix son effet, à la fois sur les fermentations dans le rumen et sur l'utilisation des rations par les taurillons à l'engrais. Un premier essai a été réalisé en 1975 sur 36 taurillons à l'engrais recevant une ration à base de pulpes de luzerne déshydratée et de céréales (GEAY et BERANGER, 1977). En 1976, deux essais de courte durée ont été conduits sur 60 taurillons à l'herbe (pâturage et zéro pâturage complété avec des céréales) engraissés ensuite à l'auge avec des rations à base de maïs grain et de luzerne déshydratée. On a étudié les fermentations et l'évolution des microorganismes dans le rumen sur des moutons et des bouvillons porteurs de canules (JOUANY et SENAUD, 1977). Face aux nombreuses demandes d'information reçues à ce propos il nous est apparu nécessaire de faire brièvement le point de nos connaissances sur l'utilisation de ce produit. Elles sont le fruit à la fois de nos expériences et de la consultation des nombreuses publications scientifiques parues jusqu'à ce jour.

INFLUENCE SUR LA DIGESTION DES ALIMENTS DANS LE RUMEN

Les principaux essais réalisés, dont les nôtres, mettent en évidence que l'apport de "*Rumensin*" modifie notablement les produits de la digestion dans le rumen (tableau I). La concentration en acide propionique et à fortiori le pourcentage molaire de cet acide, augmentent aux dépens de l'acide acétique principalement et de l'acide butyrique. La concentration en acide lactique est accrue aussitôt après le repas; la teneur en méthane des gaz du rumen est réduite tandis que celle du gaz carbonique augmente. Dans notre étude réalisée sur des moutons fistulés, nous avons observé en outre une élévation du pH en liaison avec une réduction de la concentration en acides gras totaux. Ces phénomènes peuvent être reliés aux modifications de la population microbienne du rumen (fig. 1 et 2) : si

★ *Le "Rumensin" est une marque déposée ELI LILLY and Co U.S.A.*

la diminution du nombre de protozoaires n'est pas significative, leur biomasse est réduite de 30 p.100 alors que la concentration en bactéries de grande taille augmente, tout au moins avec des rations riches en fourrages.

Les modifications de la digestion dans le rumen ne semblent pas affecter la digestibilité globale de la ration dans l'ensemble du tube digestif, à l'exception de la digestibilité apparente des matières azotées. Celle-ci a été parfois supérieure en présence de "*Rumensin*" sans que l'effet soit significatif : 61,4 contre 55,1 p.100 pour le lot témoin (DINIUS et al, 1976), 62,4 contre 57,4 p.100 pour le lot témoin avec des béliers recevant de l'herbe verte et 150 g de maïs (BERANGER, JOUANY, MULLER, non publié) (fig. 3).

INFLUENCE SUR LES QUANTITES INGEREES

Le "*Rumensin*" est apporté dans la ration en mélange avec les aliments concentrés (céréales, pulpes, mélange céréales tourteaux - minéraux). Lors de la première distribution du produit, l'ingestion diminue notablement, et de façon d'autant plus accentuée que la dose est plus élevée. Passée une période de 1 à 2 semaines, les quantités ingérées se rapprochent de la normale tout en se situant 5 à 10 p.100 en-dessous du niveau d'ingestion de matière sèche de la ration témoin distribuée à volonté. Cette réduction des quantités ingérées se manifeste avec des rations riches en grain ou en ensilage de maïs mais aussi avec des rations comportant une proportion élevée de fourrages ou de pulpes de betteraves (50 p.100 de pulpes, 25 p.100 de luzerne, 25 p.100 d'aliment concentré dans notre essai, GEAY et BERANGER, 1977 - tableau IIa). En revanche, on n'a observé aucune action significative sur les consommations d'herbe coupée distribuée à l'auge lorsque les animaux ont reçu 200 mg de "*Rumensin*" incorporés dans les 450 g à 1 kg de concentré (POTTER et al, 1976; BERANGER et al, non publié - tableau IIb). Cette action du "*Rumensin*" sur l'appétit des animaux peut être reliée à l'accroissement de la production d'acide propionique dans le rumen. BAUMGARDT (1920) a en effet suggéré que la quantité d'acide propionique absorbée au niveau du tube digestif, pouvait être un facteur de contrôle de l'appétit du ruminant. DOWDEN et JACOBSON (1960), BAILE et MEYER (1969) ont également montré qu'une élévation du taux d'acide propionique sanguin entraînait, chez le Ruminant, une diminution significative de l'ingestion.

INFLUENCE SUR LE GAIN DE POIDS ET LA QUALITE DES CARCASSES

Lorsque les animaux ont reçu à l'étable des rations complémentées ou non en "*Rumensin*", distribuées à volonté, les gains de poids vif, le poids et la composition des carcasses n'ont pas été significativement différents d'un lot à l'autre (tableaux IIa et II b). En revanche, lorsque les animaux recevant le "*Rumensin*" ont reçu ou ont consommé des quantités d'aliments identiques aux animaux témoins, leurs gains de poids vif ont généralement été supérieurs (de 8 à 18 p.100 respectivement dans nos essais avec du maïs grain et de l'herbe coupée) (tableau II) et leurs carcasses ont été plus lourdes et parfois plus grasses. Lorsque les animaux ont été alimentés au pâturage, le gain de poids vif de ceux qui recevaient le "*Rumensin*" a été plus élevé que celui des témoins d'environ 25 p.100 dans 3 essais américains. Ce ne fut cependant pas le cas lors d'un essai réalisé aux Etats-Unis (ANTHONY et al, 1975) et d'un essai de courte durée réalisé en France, au Pin-au-Haras en 1976 (tableau IIb).

INFLUENCE SUR L'EFFICACITE ALIMENTAIRE

En définitive, la distribution de "*Rumensin*" s'est traduite soit par une diminution des quantités ingérées sans modification du gain de poids, soit par une amélioration du gain de poids à même

TABLEAU I : COMPOSITION DU LIQUIDE ET DES GAZ DU RUMEN

(Moutons adultes recevant 1,2 kg de foin et 0,8 kg d'un mélange comportant 25 p.100 de concentré, 25 p.100 de luzerne déshydratée, 50 p.100 de pulpes de betteraves déshydratées).

	Moyennes des prélèvements effectués au cours des 7 heures qui ont suivi le repas du matin					1/2 heure et 1 heure après le repas	pendant 3 heures après le repas	
	pH	A.G.V. totaux (mM/1)	Acide acétique % molaire	Acide propionique % molaire	Acide butyrique % molaire	Acide lactique (mM/1)	CO_2 (%)	Méthane (%)
REGIME T (0 monensin)	$6,10 \pm 0,06^{a,b}$	$120,4 \pm 2,6^{c,d}$	$66,7 \pm 0,3^{d,d'}$	$20,1 \pm 0,1^{d,d'}$	$10,5 \pm 0,1^{d,d'}$	$3,3 \pm 0,3^{d}$	$68,1 \pm 0,6^{d,d'}$	$27,1 \pm 0,6^{d,d'}$
REGIME M1 (20 ppm monensin)	$6,19 \pm 0,04^{a}$	$108,5 \pm 2,5^{c}$	$58,4 \pm 0,3^{d}$	$29,6 \pm 0,3^{d}$	$8,7 \pm 0,4^{d}$	$4,6 \pm 0,4^{d'}$	$71,4 \pm 0,5^{d}$	$22,0 \pm 0,5^{d}$
REGIME M2 (40ppm monensin)	$6,25 \pm 0,04^{b}$	$95,0 \pm 3,9^{c,d}$	$59,2 \pm 0,2^{d'}$	$30,1 \pm 0,5^{d'}$	$7,8 \pm 0,4^{d'}$	$8,3 \pm 0,3^{d,d'}$	$71,9 \pm 0,6^{d'}$	$22,3 \pm 0,6^{d'}$

Les valeurs affectées des mêmes lettres sont significativement différentes : a : $P \leqslant 0,05$; b : $P \leqslant 0,02$; c : $P \leqslant 0,01$; d : $P \leqslant 0,001$

FIGURE 1 : CONCENTRATION EN MICROORGANISMES DU JUS DE RUMEN.

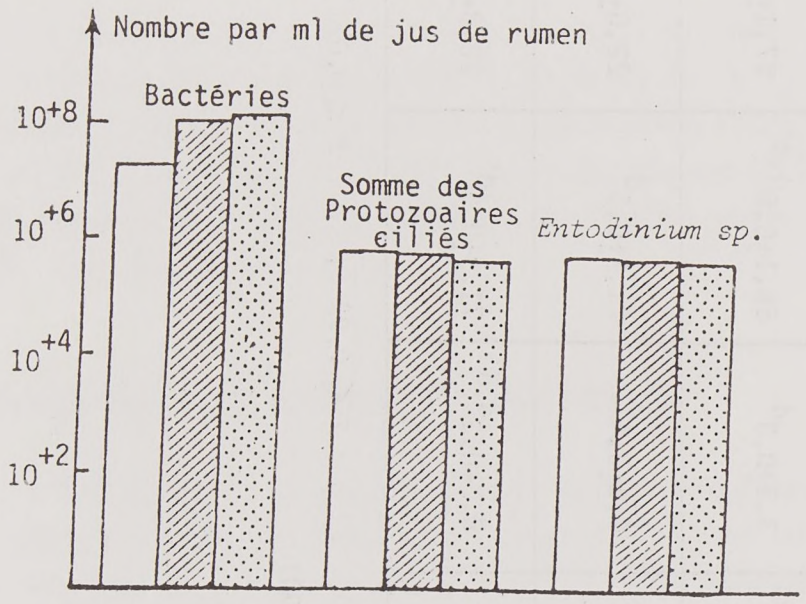
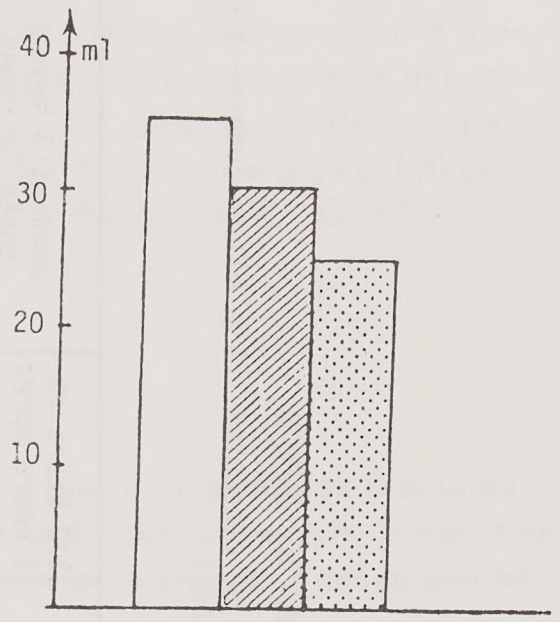


FIGURE 2 : VOLUME DES CILIES DANS 1 LITRE DE JUS DE RUMEN.



Régime T ; Régime M_1 ; Régime M_2

FIGURE 3 : EVOLUTION DE LA DIGESTIBILITE DES MATIERES AZOTEES AU COURS DES 6 SEMAINES.

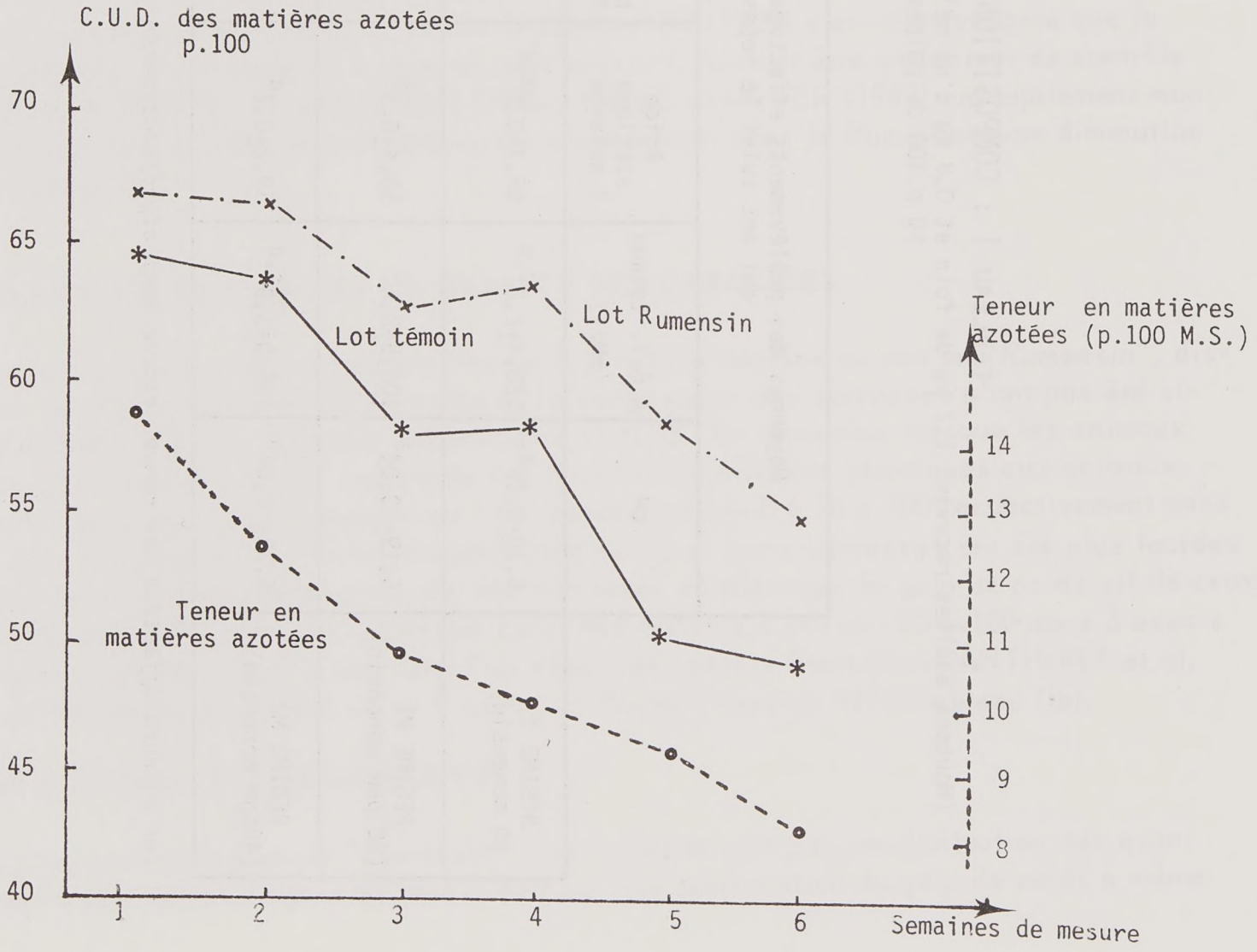


TABLEAU II

GAINS DE POIDS, QUANTITES INGEREES ET RESULTATS D'ABATTAGE

a) De taurillons engraissés à l'auge entre 1 et 15 mois avec ces régimes comportant : 25 p.100 de luzerne déshydratée, 50 p.100 de pulpes de betteraves déshydratées et 25 p.100 de concentré

(GEAY et BERANGER, 1977)

Teneur en Rumensin (p.p.m.)	0	20	40
Nombre d'animaux	12	11	12
Poids initial (kg)	315	311	314
Gain de poids journalier (g/j)	1235 *a*	1243 *b*	1235 *c*
Durée (j)	183	181	183
Matière sèche ingérée (kg/j)	7,4 *c d*	6,9 *c*	6,4 *d*
Matière sèche ingérée par kg de gain	6,0	5,6	5,2
Poids de carcasse (kg)	309	305	301
% gras dans la carcasse	13	12	11

b) De taurillons recevant de l'herbe entre 13 et 15 mois complémentée par 1 kg de maïs grain

(BERANGER, JOUANY, MULLER, 1976)

	ZERO PATURAGE		PATURAGE	
Quantité de Rumensin (mg)	0	200	0	200
Nombre d'animaux	15	15	15	15
Poids mise à l'herbe (kg)	364	368	345	344
Durée	56	56	65	65
Gain de poids journalier (g/j)	1366 *d*	1609 *d*	1080	1122
Matière sèche ingérée (kg/j)	8,45 *c*	8,36 *f*	-	-
Matière sèche ingérée par kg de gain	6,19	5,20	-	-

c) De taurillons recevant à l'auge, de 17 à 19 mois, un régime comportant : 70 p.100 de maïs condensé et 30 p.100 de luzerne déshydratée condensée (BERANGER, JOUANY, MULLER, 1970).

Mode d'alimentation	A VOLONTE		RATIONNE	
Quantité de Rumensin (mg)	0	200	0	200
Poids initial (kg)	477	498	480	483
Durée (j)	61	61	81	81
Gain de poids journalier (g)	1806	1816	1520	1639
Matière sèche ingérée (kg/j)	12,86	12,71	12,08	12,23
Matière sèche ingérée par kg de gain	7,12	7,04	8,42	7,87
Poids de carcasse (kg)	333	345	338	347
Gras dans la 11ème côte (p.100)	16	18	19	21

Les valeurs affectées des mêmes lettres sont significativement différentes ($p \leqslant 0,005$)

niveau d'ingestion. L'efficacité alimentaire (kg de gain/kg d'aliment) a donc toujours été améliorée, tant que la dose est restée inférieure ou égale à 40 p.p.m. dans la matière sèche de la ration totale. L'amélioration a été en moyenne de 10 p.100 dans les essais réalisés sur bouvillons aux U.S.A., et a été respectivement de 16, 15 et 7 p.100 dans nos essais sur taurillons (tableau II).

Cette amélioration d'efficacité alimentaire peut résulter en partie de la limitation des quantités ingérées entraînée par l'apport du "*Rumensin*". Une réduction des quantités ingérées à partir d'un niveau énergétique élevé, peut en effet limiter l'adipogénèse de certains taurillons à l'engrais, sans modifier leur gain de poids, améliorant ainsi l'efficacité alimentaire (GEAY, ROBELIN, BERANGER, 1976 ; GEAY, 1977).

Toutefois, l'utilisation du "*Rumensin*" n'a pas entraîné de diminution de l'état d'engraissement des carcasses. A même niveau d'ingestion, celui-ci a même été accru. Aussi, l'amélioration de l'efficacité alimentaire peut-elle surtout s'expliquer par une amélioration de l'utilisation digestive et métabolique des rations : accroissement de l'apport d'énergie métabolisable dû à une diminution des pertes d'énergie sous forme de méthane; accroissement de la proportion d'acide propionique dans le rumen, nutriment utilisé plus efficacement que l'acide acétique pour l'engraissement (ARMSTRONG et BLAXTER, 1957); meilleure utilisation digestive et métabolique de l'azote lorsque celui-ci est apporté en quantité insuffisante par la ration.

Quelle que soit l'importance respective de ces différents facteurs, la distribution de "*Rumensin*" améliore d'environ 10 p.100 l'efficacité alimentaire des rations destinées aux bouvillons et aux taurillons à l'engrais. Il faut toutefois remarquer que son utilisation suppose un dosage précis des quantités de "*Rumensin*" distribuées : l'efficacité alimentaire optimum est en effet observée avec la dose de 40 p.p.m. dans la ration totale, soit une moyenne de 125 mg/jour pour un taurillon de moins de 250 kg et de 250 mg/jour au-delà de ce poids. Un apport supérieur à 40 p.p.m. peut réduire non seulement l'ingestion mais aussi la vitesse de croissance, et par suite, l'efficacité alimentaire. L'intérêt de l'utilisation du "*Rumensin*" au pâturage reste à préciser ainsi que les modalités de sa distribution, afin de permettre une ingestion régulière et sans excès par les animaux tout en évitant un apport d'aliment concentré trop important ou inutile.

La liste complète des références bibliographiques, indiquées entre parenthèses dans le texte, peut être fournie sur simple demande auprès du secrétariat du Laboratoire de la production de viande.

CONGRES, SYMPOSIUM, REUNIONS INTERNATIONALES

- **3° Congrès international sur le métabolisme des oligoéléments chez l'homme et les animaux** (MUNICH, 25-30 juillet 1977). M. LAMAND a présenté la communication suivante :

. Relations entre différents critères de qualité des fourrages et la digestibilité des oligoéléments chez le mouton.

- J. BELLANGER a participé au **colloque Franco-roumain sur les oligoéléments** qui se tenait à Bordeaux du 27 au 30 juin 1977. Il a présenté les deux communications suivantes :

. Dosage du sélénium
. Contaminations au laboratoire.

- **3ème Symposium "Alimentation et Travail"**, Nancy (septembre 1977). Une communication a été présentée par PION R., MENDES PEREIRA E. :

. Effets des traitements technologiques sur l'utilisation digestive et métabolique des acides aminés de quelques aliments protéiques.

- **28ème Réunion annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie.**

C'est en Belgique, à Bruxelles, qu'était organisée en 1977, la réunion annuelle de la F.E.Z. C. BERANGER, Y. GEAY, G. MOLENAT et M. TISSIER y ont participé. Ils ont présenté les communications suivantes :

. C. BERANGER et W. HOLMES : La production de viande bovine à l'herbe.

Les différents facteurs permettant d'accroître et de maitriser la production de viande bovine au pâturage sont passés en revue : production et utilisation de l'herbe, fertilisation azotée, complémentation, méthodes de pâturage, ainsi que l'engraissement de différents types d'animaux au pâturage; les possibilités et difficultés d'application des méthodes intensives sont discutées.

. Y. GEAY : Interactions entre génotype et nutrition chez les bovins destinés à la production de viande.

Les aptitudes des bovins à la production de viande varient beaucoup selon le sexe et le génotype ; à même poids de carcasse, les boeufs comportent plus de muscles et moins de gras que les génisses, mais moins de muscles que les taureaux; le croît journalier de carcasse et de muscles, ainsi que l'efficacité alimentaire des races à viande de grand format (Charolais, Simmental) ou tardives (Limousine) sont nettement supérieurs à ceux des autres races.

Diverses études entreprises sur bouvillons ont montré que la réduction du niveau alimentaire entraîne une diminution du poids et de l'état d'engraissement des carcasses au même âge ou une di-

minution de la proportion de gras dans la carcasse à poids de carcasse égal; les effets sur l'efficacité alimentaire dépendant de l'importance de la réduction et du niveau énergétique de référence. Des expériences récentes montrent toutefois que les effets d'une réduction énergétique sur les performances des animaux varient selon le génotype ; le gain de poids vif et de carcasse des animaux tardifs est plus réduit que celui des races précoces. En revanche, la composition de leur carcasse, à durée constante est peu modifiée, contrairement à celle des animaux précoces. Le classement des races, selon leurs aptitudes dépend également du niveau d'alimentation considéré. Il existe pour chaque génotype, à chaque stade physiologique, un niveau énergétique optimum permettant une efficacité alimentaire maximum, niveau qu'il s'agit de préciser.

. G. MOLENAT, J.C. FLAMANT, M. PRUD'HON, M. THIAULT : Mise en valeur par l'élevage ovin des pâturages secs méditerranéens.

Trois expériences réalisées l'une dans la garrigue de Montpellier, l'autre en Corse et la troisième sur le Causse du Larzac, ont permis de préciser les conditions d'une remise en valeur par l'élevage ovin de ces zones pauvres et embroussaillées.

Là où la broussaille domine (garrigue, maquis), le broyage de la végétation suivi d'une fertilisation annuelle modérée (100 kg de N, de P2 O5 et de K2 O par hectare) favorise le développement des herbacées. En garrigue ce traitement a permis d'élever trois brebis mérinos d'Arles à l'hectare pendant toute l'année; en maquis le potentiel semble comparable ou supérieur. Sur les causses, l'altitude étant plus favorable à l'herbe, le débroussaillage et la fertilisation ne sont pas indispensable; le pâturage peut alors supporter 1,5 brebis Lacaune par hectare pendant 8 à 9 mois (400 journées de pâturage environ).

Des systèmes d'élevage basés essentiellement sur le parcours sont possibles à condition que l'agnelage se produise au mois d'avril et le sevrage dès le mois de juin car la quantité du fourrage diminue ensuite rapidement. En moyenne par brebis, on peut obtenir un agneau dont le croît journalier sera de 200 à 250 g. Ce résultat, possible sans aliments complémentaires sur la garrigue, nécessite 100 kg de foin et 20 kg de céréales sur les Causses.

. G. MOLENAT, P. LOISEAU, W. MARTIN-ROSSET, Y. FAVRE : L'exploitation des prairies d'altitude par des bovins, des ovins, des caprins ou des chevaux et ses conséquences.

Les aptitudes des herbivores domestiques à exploiter différents milieux géographiques ou végétaux ont été étudiées sur des estives d'altitude. Les troupeaux en liberté délimitent leur domaine et le structurent : aires de couchage, zones surpâturées, zones sous-pâturées... Les troupeaux d'espèces animales différentes ou de même espèce mais d'origine d'élevage différente, mis sur le même alpage, délimitent des domaines plus ou moins indépendants les uns des autres.

Vis-à-vis de la végétation, les chèvres semblent les plus aptes à exploiter les zones à ligneux abondants. Pour les végétations herbacées, les petits animaux et particulièrement les ovins, se révèlent très sélectifs lorsqu'ils pâturent ce qui a pour effet de favoriser les végétaux indésirables comme *Nardus stricta*. Les gros animaux, les chevaux surtout, semblent beaucoup moins sélectifs.

D'autres comportements peuvent avoir un effet sur la végétation : les chevaux regroupent leurs déjections sur les zones à ligneux où ils cassent les branches par le piétinement, ce qui favorise les herbacées. A long terme, ces transferts d'excréta, observés aussi avec les ovins, pourraient être néfastes.

Ces observations montrent l'intérêt que pourrait présenter le pâturage mixte pour l'exploitation des territoires vastes et hétérogènes mais aussi dans le cas des pâturages peu intensifiés.

. J.Z. FOOT et M. TISSIER : Quantités d'aliments ingérés par les brebis pendant la lactation.

La production laitière, et par conséquent la croissance des agneaux, sont largement dépendantes de la quantité d'aliments ingérée pendant la lactation. Les changements physiologiques qui se produisent à cette période-augmentation des besoins nutritionnels, accroissement du volume et de l'activité du tube digestif, expulsion des foetus-favorisent une augmentation rapide des quantités d'aliments ingérées. Celle-ci apparaît dès le jour de l'agnelage, et se continue jusqu'à un maximum atteint entre 6 et 9 semaines, bien après le pic de production laitière qui a lieu entre 1 et 3 semaines. Elle diminue ensuite lentement jusqu'au sevrage à 11-12 semaines. L'augmentation des premières semaines est élevée avec les rations très digestibles et (ou) présentées sous forme broyée. Elle est plus lente, et peut se poursuivre jusqu'au sevrage, lorsque les brebis reçoivent des rations de qualité médiocre. Notons que dans le cas de conduite intensive, le sevrage à 6 semaines intervient généralement avant que le maximum de consommation soit atteint.

Les variations individuelles des quantités ingérées d'une même ration sont liées principalement au poids et à l'âge des brebis et au nombre d'agneaux allaités, l'allaitement double entraînant des consommations plus importantes.

L'ensemble des résultats montre que la brebis ajuste, dans une certaine mesure, sa consommation à sa dépense énergétique. La conduite de l'alimentation doit favoriser cet ajustement, pour obtenir des performances zootechniques et des résultats de reproduction satisfaisants.

- C. REMESY et C. DEMIGNE ont participé à la **11ème réunion de la Société Européenne de Biochimie** à COPENHAGUE du 14 au 19 août 1977. Ils ont présenté le "poster" suivant :

. Relations interorganes dans le métabolisme du glucose, du lactate et des acides aminés chez des rats recevant un régime hyperglucidique ou hyperprotéique.

- M. JOURNET et P. LARVOR ont participé en Belgique, à une **semaine d'Etude internationale : "Actualités en productions bovines"** organisée par la Faculté des sciences agronomiques de l'Etat de Gembloux (6 au 9 septembre 1977).

Les communications suivantes ont été présentées :

. M. JOURNET : Alimentation moderne de la vache laitière.

. P. LARVOR : Prophylaxie hygiénique de la pathologie du veau.

Dans les pays développés, la mortalité des veaux entre la naissance et 1 an est proche de 10 % (incluant 2 à 3 % de morti-natalité). Les facteurs qui influencent cette mortalité sont multiples : race, sexe, poids à la naissance, hérédité, nutrition de la mère, conditions de vêlage, qualité et modalités de distribution du colostrum, conditions d'élevage. On peut les regrouper en trois catégories :

- la "vitalité" du veau : aspect encore peu étudié, il est en rapport avec des facteurs héré-

ditaires, la nutrition maternelle, la pathologie de la mère et les caractéristiques endocriniennes propres au veau, mais d'étiologie incertaine.

- l'immunité naturelle du veau : elle est liée à la qualité et aux modalités de distribution du colostrum.

- l'infection, dont le caractère plus ou moins spécifique ne sera pas discuté, peut être largement diminuée par les mesures classiques d'hygiène proprement dite.

Une prophylaxie hygiénique intégrée devrait être capable de diminuer les pertes dans des proportions considérables (au moins des 2/3).

- **XIth Acta Endocrinologica Congress,** LAUSANNE (19-23 juillet 1977). J.P. BARLET, J.M. GAREL, Marie-Jeanne DAVICCO, J. LEFAIVRE et DARDILLAT ont présenté la communication suivante :

Calcium homeostasis in the fetus.

- **3rd International Workshop on phosphate and other minerals,** MADRID (13-15/07/77). J.P. BARLET, Marie-Jeanne DAVICCO, J. LEFAIVRE et J.M. GAREL ont présenté la communication suivante :

. Endocrine regulation of plasma phosphate in chronically sheep fetuses with catheters implanted *in utero*.

- J.P. BARLET a également participé au **Congrès International des Sciences Physiologiques** à PARIS (18-23/07/77). Il a présenté la communication suivante :

. The influence of an intravenous injection of calcitonin in fetal lambs.

- **2ème Symposium international sur le "métabolisme et la nutrition azotée"** FLEVOHOF (Pays-Bas) 2-6 mai 1977.

Trois communications ont été présentées :

. M. ARNAL : Muscle protein turnover in lambs throughout development.

. R. PION, PATUREAU MIRAND P., COMBE E. et MENDES PEREIRA E. : The digestibility of amino-acids of different feeds for rats, lambs and nonruminant calves.

. M. JOURNET et R. VERITE : Levels of energy and nutrition intake in relation to animal protein production during lactation.

ARTICLES TECHNIQUES

1976

BOCCARD R. Evolution de la composition corporelle et des principaux caractères qualitatifs de la viande de cheval. Journée d'étude, 10 mars, p. 55-68 - CEREOPA.

MONIN G., SELLIER P., OLLIVIER L., Etude du syndrome d'hyperthermie maligne chez le porc de Piétrain - Premiers résultats. J. Recherche porcine en France, 4-5-6 février, p. 229-238.

BOCCARD R. Le traitement de la viande. Science et Avenir - nº 18, numéro spécial hors série, p. 18-25.

MONIN G. Déterminisme biochimique et évolution post mortem des critères de la qualité des viandes de porc. Journée d'étude du 8 avril. La qualité des viandes de porc - I.T.P. p. 5-21.

GIRARD J.P. Qualités technologiques des matières premières viande et gras entrant dans la constitution des produits charcutiers divisés : saucisson et pâte fine. Journée d'étude du 8 avril. La qualité des viandes de porc - I.T.P. p. 57-83.

BOCCARD R. et DUMONT B.L. La qualité des carcasses ovines. Journées de la recherche ovine et caprine. ITOVIC-INRA p. 44-78.

GIRARD J.P., DENOYER C. Les pâtes fines : synthèse bibliographique et contribution à la détermination des teneurs en lipide des mêlées par mesure de conductivité et constante diélectrique. Cycle C.P. C.I.A., Séminaire Europe E7.

GIRARD J.P. Contribution à l'étude de la conductivité et de la constante diélectrique des pâtes fines. Journées Congrès de Bioimpédance. Lyon.

BARLET J.P., GAREL J.M. La régulation de la calcémie. Extrait de "Problèmes actuels d'endocrinologie et de nutrition" H.P. Klotz.

LARVOR P. Pathologie métabolique et nutritionnelle. Pathologie spéciale.

GAREL J.M. et BARLET J.P. A radioimmunoassay for bovine parathyroid hormone. J. Physiol. Paris, 1976, 72, 249-257.

CHAMPREDON C., REMOND B., PION R. Influence d'une sous-alimentation énergétique et azotée sur l'aminoacidémie libre de vaches laitières en début de lactation. Comptes rendus des séances de la Société de Biologie, tome 171, nº 1, p. 60.

FAUCONNEAU G. La recherche en matière d'agro-industries en France. Synthèse, 1976, nº 11, 76-87.

FAUCONNEAU G. Le problème de l'alimentation en protéines de l'homme. Comment court-circuiter l'animal. Les différentes voies de recherche. Sciences et techniques, 1976, nº 30, 31-36.

FAUCONNEAU G. Industries des protéines non classiques. Congrès International "Sciences et techniques au service des pays en développement" Paris UNESCO 1976, 81-103.

PATUREAU-MIRAND Ph., THERIEZ M. Essai d'estimation des besoins de l'agneau préruminant en acides aminés. Journées de la recherche ovine et caprine, Paris 1976.

VERMOREL M. La thermorégulation du veau préruminant. "L'alimentation et la vie".

ANDRIEU J. Factors influencing the composition and nutritive value of ensiled wholecrop maize. Animal feed science and technology, 1, 381-392. C.R. congrès : the maize crop as a basic feed for beef production. 21 juin, NOVI SAD, Yougoslavie.

ANDRIEU J. Agronomic factors affecting the growth and composition of the maize plant. C.R. congrès : the maize crop as a basic feed for beef production. 21 juin, NOVI SAD, Yougoslavie. Animal feed Science and technology, 1, 263-271.

DEMARQUILLY C. et PETIT M. Utilisation des pailles et autres sous-produits cellulosiques de grandes cultures dans les systèmes de production animale intensifs. Comparaison avec les systèmes classiques. Consultation technique de la F.A.O. sur les nouvelles sources d'aliments du bétail; Rome, 22-24 novembre 1976.

JOURNET M. et REMOND B. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows : a review. Livestock prdduction science, 3 : 129-146.

JOURNET M. Utilisation de l'azote non protéique par les ruminants : principaux résultats obtenus en France à l'I.N.R.A. sur l'utilisation de l'urée. Journée d'étude du G.E.R.N.A. 29 avril 1976.

HODEN A., VERITE R., JOURNET M. La qualité des sources azotées de complément pour les vaches laitières. Les tourteaux tannés. Revue "l'Elevage bovin" n° 18.

JOURNET M. Des protéines de qualité pour les vaches laitières. Pourquoi ? Guide Philips agricole.

JOURNET M. Influence des facteurs zootechniques (conduite des troupeaux, alimentation, sélection) sur l'évolution de la composition chimique du lait dans les années à venir. Commission lait - 19-20 mai 1976.

TROCCON J.L., JOURNET M. De la naissance à 6 mois, peut-on nourrir le veau à l'ensilage de maïs ? L'Elevage bovin, n° 17.

TISSIER M., MOLENAT G. L'ensilage de maïs plante entière dans l'alimentation des brebis. "Pâtre" n° 230, p. 31-33.

TISSIER M., THERIEZ M. L'alimentation influence les performances de reproduction de la brebis. "L'élevage" n° hors série moutons et chèvres, p. 46-52.

MOLENAT G., THERIEZ M. Pour ou contre l'allaitement artificiel des agneaux ? "L'élevage" n° hors série moutons et chèvres, p. 53-58.

MOLENAT G., FLAMANT J.C., THIBAULT M., HUBERT D. Utilisation des parcours de la France méridionale. "Fourrages" (67) 79-103.

Les reproductions partielles ou complètes d'articles extraits de ce bulletin doivent être référencées avec précision. Les indications de référence figurent au haut de la première page de chaque article.

Editions S.E.I.
C.N.R.A.
Route de St Cyr
78 000 - VERSAILLES
Dépôt légal : 1er trimestre 1978
N° C.P.P.A.P. : 573 ADEP

Prix : 15 F
Directeur de la Publication
C. MALTERRE et A. HODEN